

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-238555

(43)Date of publication of application : 05.09.2000

(51)Int.Cl.

B60K 41/00  
 F02D 29/02  
 F02D 45/00  
 F02N 11/04  
 F02N 15/00  
 // B60K 6/00  
 B60K 8/00

(21)Application number : 11-041536

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 19.02.1999

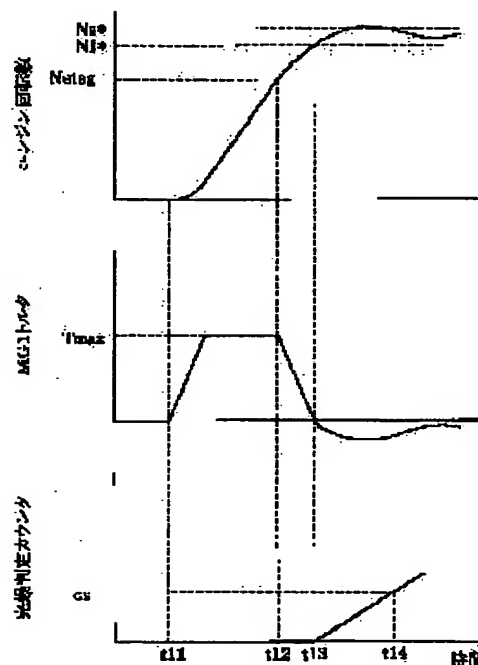
(72)Inventor : YAMAGUCHI KATSUHIKO

## (54) STARTING CONTROL SYSTEM FOR ENGINE, ITS CONTROL METHOD, AND HYBRID VEHICLE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a starting control system that appropriately executes a judgment of perfect ignition in the engine at starting.

**SOLUTION:** An engine, motor MG1, motor MG2, and axle are connected via planetary gears to constitute a hybrid vehicle. The engine is cranked to start by means of the torque of the motor MG1. If the engine speed is lower than the igniting speed  $N_{tag}$ , the torque of the motor MG1 is changed according to a predetermined pattern. After the igniting speed is achieved and the engine operation is started, the torque of MG1 is set by PI control so that the engine speed becomes a predetermined target speed  $N1^*$ . The target speed  $N1^*$  is set lower than an engine idling speed  $N_e^*$ . When the engine starts self-sustaining operation at the idling speed  $N_e^*$ , the torque of the motor MG1 changes into the negative region. With this change of torque, reliable judgement of perfect ignition can be executed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.06.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] While rotating this engine with the power of the motor combined with the engine A power setting means to be the starting control device to which supply and ignition to a fuel are performed, and self-sustaining of this engine is carried out, and to set up the demand power at the time of self-sustaining of this engine, In the range which does not check the engine control means which controls operation of said engine by operational status according to said demand power, and operation of said engine The starting control unit equipped with the motor control means which rotates said motor at a low motor target rotational frequency, and a self-sustaining judging means to judge whether said engine started self-sustaining based on the torque of this motor, more nearly intentionally than the engine speed realized by said engine control means.

[Claim 2] It is the starting control unit which is a means by which are a starting control unit according to claim 1, said power setting means is a means to set said demand power as a value 0, and said engine control means rotates said engine by the predetermined engine speed.

[Claim 3] It is the starting control device which is a starting control device according to claim 2, and is a means by which have a temperature detection means to detect the temperature of said engine, and said power setting means makes said demand power a forward predetermined value in below the predetermined value in which this temperature becomes settled according to the ease of ignition in said engine.

[Claim 4] It is the hybrid car it runs while controlling starting and a halt of this engine by the 2nd motor which carried an engine and the 1st motor as a source of supply of power, and was combined with this engine. While controlling said 2nd motor and rotating this engine according to the starting demand of this engine An engine ignition control means to perform supply and ignition to the fuel to said engine, In the range which does not check a power setting means to set up the demand power at the time of self-sustaining of this engine, the engine control means which operates said engine by the operational status according to said demand power, and operation of said engine The motor control means which rotates said 2nd motor at a low motor target rotational frequency more nearly intentionally than the engine speed realized by said engine control means, A hybrid car equipped with a self-sustaining judging means to judge whether said engine started self-sustaining based on the torque of this 2nd motor.

[Claim 5] It is the hybrid car which is a means by which are a hybrid car according to claim 4, said power setting means is a means to set said demand power as a value 0, and said engine control means rotates said engine by the predetermined engine speed.

[Claim 6] It is the hybrid car which is a hybrid car according to claim 5, and is a means by which have a temperature detection means to detect the temperature of said engine, and said power setting means makes said demand power a forward predetermined value in below the predetermined value in which this temperature becomes settled according to the ease of ignition in said engine.

[Claim 7] It is the hybrid car which is a hybrid car according to claim 5, and is the means which is equipped with a stop judging means to judge whether said car is stopping, and makes said demand power a forward predetermined value when said car is not stopping said power setting means.

[Claim 8] While rotating this engine with the power of the motor combined with the engine It is the control approach to which supply and ignition to a fuel are carried out, and self-sustaining of this engine is carried out (a) The process which sets up the demand power at the time of self-sustaining of this engine, (b) Process which controls operation of said engine by operational status according to said demand power (c) In the range which does not check operation of said engine Process which rotates said motor at a low motor target rotational frequency more nearly intentionally than the engine speed realized by said engine control means (d) The control approach equipped with the process which judges whether said engine started self-sustaining based on the torque of this motor.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the starting control unit and the control approach of putting this engine into operation with the power of the motor combined with the engine. Moreover, an engine and a motor are made into the source of power, and it is related with the hybrid car carrying said engine starting control device.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the hybrid car equipped with an engine and a motor as a source of power is proposed. There are a series hybrid car and a parallel hybrid car as hybrid car. An engine is [ only being combined with a generator, and ] and, as for a series hybrid car, a driving shaft says the hybrid car which is not combined mechanically. By the series hybrid car, a generator can be driven and generated with engine power. This power is used for charge of a dc-battery, and also it is supplied to the motor for a drive combined with the driving shaft. A series hybrid car runs with the power of this motor. Mechanical power from an engine cannot be transmitted to a direct-drive shaft.

[0003] A parallel hybrid car means the hybrid car with which the engine and the driving shaft were combined mechanically. The engine is combined also with the generator besides a driving shaft. By the parallel hybrid car, a part of power [ at least ] outputted from the engine can be transmitted to a driving shaft. Moreover, it can also generate electricity by driving the generator combined with the engine under engine power. Furthermore, it can act as the power running of the motor combined with the driving shaft, and can also run the motor. By acting as the power running of the motor, it can compensate with the power transmitted to the driving shaft from the engine, and can output and run demand power from a driving shaft.

[0004] According to the run state of a car, operation of an engine is controlled by the hybrid car mentioned above. For example, by the series hybrid car, when sufficient power for the power running of a motor is charged by the dc-battery, operation of an engine is suspended. If the power of a dc-battery is consumed and charge is needed, an engine will start and charge will be started. By the parallel hybrid car, at the time of start, an engine is suspended and it runs using the power of a motor. If a car reaches the predetermined vehicle speed, an engine will be put into operation and it will run using engine power. The point by which starting and a halt of an engine are controlled according to the charge condition of a dc-battery is the same as that of a series hybrid car.

[0005] Usually by the car which makes only an engine the source of power, there is always an engine in operational status during transit of a car. By the usual car, in case operation of a car is started, an operator operates an ignition switch and puts an engine into operation. If an operator turns ON an ignition switch, cranking of the engine will be carried out by the so-called power of a starter. If an engine speed reaches hundreds rpm extent, injection and ignition to a fuel will be performed and operation of an engine will be started. If operation starts, an engine rotational frequency will increase rapidly to about 1000 rpm extent. From fluctuation of this engine speed, an operator recognizes that engine independence starting was started and completes the actuation for engine starting.

[0006] On the other hand, by the hybrid car, it is not concerned with actuation of an operator but starting and a halt of an engine are performed during transit. By the hybrid car, a starting control device performs engine starting according to an engine starting demand. If an engine starting demand is received, a starting control device will act as the power running of the motor combined with the engine, and will perform cranking. If an engine reaches a predetermined engine speed, injection and ignition to a fuel will be performed and operation of an engine will be started. If judged with the engine having started self-sustaining (henceforth a high-order detonation judging), a starting control device will end the processing for putting an engine into operation.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the hybrid car, starting and a halt of an engine are repeatedly performed during transit. Therefore, in order to secure a sufficiently comfortable degree of comfort, it is desirable to put an engine into operation smoothly. In order to realize this starting, after raising a rotational frequency to the neighborhood to the rotational frequency at the time of self-sustaining by cranking, injection and ignition to a fuel are performed by the hybrid car. For this reason, fluctuation of the engine speed in self-sustaining initiation order is comparatively small, and it is difficult to judge whether from the engine engine speed, the engine started self-sustaining. By the conventional hybrid car, the engine high-order detonation judging was made based on an engine rotational frequency and the elapsed time after ignition.

[0008] However, by the approach of starting, there was a case where a suitable high-order detonation judging could not be performed. For example, when the elapsed time after ignition is set up short, operation of a motor may be suspended although the engine has not fully started self-sustaining. Consequently, the engine may have stopped, without the ability starting self-sustaining with the load of friction of a power network. Conversely, when elapsed time was set up for a long time, although the engine had already started self-sustaining, the motor was operated, and the consumption of power was increasing.

[0009] Moreover, when above-mentioned elapsed time is set up for a long time in the case of a parallel hybrid car, the responsibility of the car under transit will be spoiled. It is because to shift to the transit which ended control of engine starting promptly during transit, and used engine power is desired. Furthermore, time amount until an engine starts self-sustaining changes according to various operational status, such as engine water temperature. The conventional starting control unit was not able to perform the suitable high-order detonation judging which suited all these situations.

[0010] An above-mentioned technical problem is not a technical problem limited to the hybrid car. It was a technical problem common to all the starting control units that will need to judge engine self-sustaining. This invention is made in order to solve this technical problem, and it aims at offering the starting control unit and the control approach of performing an engine high-order detonation judging appropriately. Moreover, it aims at offering the hybrid car which applied this starting control device.

[0011]

[The means for solving a technical problem, and its operation and effectiveness] In order to solve a part of above-mentioned technical problem [ at least ], the following configurations were taken in this invention. While the starting control device of this invention rotates this engine with the power of the motor combined with the engine A power setting means to be the starting control device to which supply and ignition to a fuel are performed, and self-sustaining of this engine is carried out, and to set up the demand power at the time of self-sustaining of this engine, In the range which does not check the engine control means which controls operation of said engine by operational status according to said demand power, and operation of said engine The motor control means which rotates said motor at a low motor target rotational frequency more nearly intentionally than the engine speed realized by said engine control means, Let it be a summary to have a self-sustaining judging means to judge whether said engine started self-sustaining based on the torque of this motor.

[0012] According to this starting control device, the fluctuation which appears in the torque of a motor can perform an engine high-order detonation judging appropriately as a result of the interaction of an engine control means and a motor control means. That is, after engine self-

sustaining is started according to the above-mentioned starting system, an engine control means operates the engine by the operational status according to demand power. The control by the engine control means is controllable so that various modes can be considered, for example, the product of a rotational frequency and torque, i.e., the power outputted, is equivalent to demand power. Moreover, it is good also as what is controlled to operate an engine at the predetermined engine speed which becomes settled according to demand power. In spite of having performed supply and ignition to a fuel in the engine, in the condition of having not started self-sustaining, naturally, an engine control means cannot function effectively and an engine will not be in the operational status according to demand power.

[0013] On the other hand, a motor control means controls rotation of a motor by the starting control unit of this invention. Since it is combined with the engine, this motor will control an engine rotational frequency indirectly. That is, a motor control means controls a motor to rotate an engine at a low engine speed more nearly intentionally than the engine speed realized by the engine control means. After an engine starts self-sustaining and an engine control means begins to function effectively, from a motor, negative torque is outputted in order to make a motor target rotational frequency reduce the rotational frequency. Before an engine starts self-sustaining, since the engine engine speed is lower than a motor target engine speed, in the condition that the engine control means is not functioning effectively, forward torque is outputted from a motor in order to raise an engine engine speed.

[0014] Thus, according to the starting control device of this invention, engine operational status is controlled by two means, an engine control means and a motor control means. Consequently, the output torque of a motor is changed according to whether whether an engine control means's functioning effectively and an engine started self-sustaining. In the starting control device of this invention, it judges whether based on fluctuation of the torque of the motor produced in this way, the engine started self-sustaining. Fluctuation of the torque of a motor is detectable with an easily and sufficient precision based on the torque command value by the motor control means. Therefore, according to the starting control unit of this invention, a high-order detonation judging can be performed appropriately.

[0015] Here, the vocabulary in this specification is defined. In this specification, as for "starting", an engine shall say a condition until it starts self-sustaining from a idle state. Self-sustaining means that it is in the operational status to which an engine can continue rotation without the torque from a motor. In the beginning when injection and ignition to a fuel were started by the engine, self-sustaining may be unable to be performed yet. On these specifications, the vocabulary a "start up" shall only be used to this condition.

[0016] A motor target engine speed is a target engine speed of the engine used for a setup of the torque of a motor as explained previously. Therefore, whether a motor target engine speed is more nearly intentionally [ than an engine target engine speed ] low shall judge in the condition just before the power outputted from the motor is transmitted to an engine. For example, when the motor is combined with the engine through the change gear, let a rotational frequency just before being transmitted to an engine through a change gear be a motor target rotational frequency. When, as for this invention, the motor is combined with the engine through the change gear in this way, also when the engine speed of the motor itself is not low intentionally from an engine speed, it is included.

[0017] In addition, the range of a low rotational frequency is the range of extent which can detect fluctuation of the torque of a motor based on above-mentioned control intentionally. If a motor target engine speed is made extremely lower than an engine speed, after an engine starts self-sustaining, the load covered by the motor will become large. With this load, rotation of an engine is checked and operation may stop. Moreover, when a motor target engine speed is lower than the engine speed which lights an engine, an engine engine speed cannot fully be raised and operation cannot be started. "The range which does not check operation of an engine" in this invention means the range acting as an engine start up and the failure of continuation in this way.

[0018] On the other hand, when a motor target engine speed is made into a value almost equivalent to an engine speed, fluctuation of the torque of the power outputted from an engine

and a motor may not arise. In case operation of an engine is controlled based on fluctuation of an engine speed, in order to avoid changing engine operational status frequently, usually a predetermined neutral zone is formed. As for a motor target rotational frequency, it is desirable to set up in the range which separates from this neutral zone at least.

[0019] In addition, the engine speeds used as the criteria which set up a motor target engine speed in this invention differ according to the control mode of the engine by the engine control means. For example, what is necessary is just to let the engine speed be an engine speed, when being controlled so that an engine rotates at a predetermined engine speed.

[0020] The case where control of an engine is performed so that an engine speed and torque may not be controlled to a predetermined value but the demanded power may be outputted from an engine on the other hand is considered. In this case, the engine speed realized by the engine control means is changed according to the load covered over an engine. Usually it controls by covering a load with a motor to rotate an engine at a desired rotational frequency. Therefore, the rotational frequency realized when there is no load by the motor as an engine speed realized by the engine control means shall be said. When the engine speed realized by the engine control means may be changed with elements other than the motor which covers a load over an engine, it is desirable to also take the range of this fluctuation into consideration, and to set up a motor target engine speed.

[0021] In this invention, the demand power at the time of self-sustaining can be set as various values as above-mentioned. Moreover, various approaches can also apply control of an engine. Thus, although this invention can be constituted from various modes, said especially power setting means is a means to set said demand power as a value 0, and, as for said engine control means, it is desirable that it shall be a means to rotate said engine by the predetermined engine speed.

[0022] An engine speed is so high that the demand power at the time of self-sustaining is generally high, and an output torque also becomes large. Usually two or more combustion sections are prepared in the engine, and variation arises in initiation of operation in many cases at the time of starting. That is, in a part of combustion sections, also after resulting in the condition in which self-sustaining initiation is possible, other combustion sections may not have resulted in self-sustaining. This variation causes vibration at the time of starting. If the demand power at the time of self-sustaining is small, since the power outputted in each combustion section will become small, the effect by the above-mentioned variation also becomes small. Therefore, a value 0, then the vibration at the time of starting can be enough reduced for demand power as above-mentioned.

[0023] Moreover, according to demand power, the fuel consumption at the time of starting is also changed. Usually at the time of starting, there are much harmful gas and the so-called emission to the self-sustaining initiation back. The amount of emission is changed according to demand power. Therefore, a value 0 then the fuel consumption at the time of starting, and emission can be controlled for demand power as above-mentioned.

[0024] On the other hand, a halt of an engine and operation by the so-called idle state are included in the operational status according to the demand power of a value 0. In order to perform engine starting appropriately, it is not necessary to explain that it is desirable to perform control whose engine control means operates an engine at the engine speed in an idle state.

[0025] The operation at the time of constituting this invention from an above-mentioned mode is explained in full detail. After operation of an engine is started, an engine control means operates an engine at the engine speed equivalent to idle rpm. On the other hand, a motor control means covers a load over an engine so that an engine engine speed may fall to a motor target engine speed. An engine control means increases fuel oil consumption etc. so that this load may be resisted and idle rpm may be maintained. Consequently, the power which a motor continues outputting negative torque and is outputted from an engine increases. In order to control an engine speed by two control means which differ in a target engine speed, after an engine starts self-sustaining, the torque of a motor becomes negative by both interaction. Therefore, if a starting control device is constituted from an above-mentioned mode, engine complete explosion can be judged appropriately.



[0026] When making demand power into a value 0, it has a temperature detection means to detect the temperature of said engine, and as for said power setting means, in below the predetermined value in which this temperature becomes settled according to the ease of ignition in said engine, it is desirable that it shall be the means which makes said demand power a forward predetermined value.

[0027] Generally, an engine lights the vaporized fuel and obtains power. When engine temperature is very low, it is hard to evaporate a fuel and, usually it cannot be lit easily. According to the above-mentioned starting control device, when engine temperature is below a predetermined value, let demand power be a forward value. If demand power becomes large, since the injection quantity of a fuel will increase, combustion is promoted and it becomes easy to start. Therefore, according to the above-mentioned starting control device, when it is under low temperature, an engine can be appropriately put into operation. In addition, the demand power in this case is good also as a fixed value defined beforehand, and good also as a value according to engine temperature.

[0028] The starting control device of this invention is applicable to the various equipments which need to perform engine starting. Of course, it is also possible to apply only an engine to the various power output units made into the source of power. In this case, it is not concerned with whether starting and a halt of an engine are repeatedly performed during operation of a power output unit, but there is an advantage which can put an engine into operation appropriately. Moreover, there is also an advantage of the fuel consumption at the time of starting and reduction of emission.

[0029] Thus, although this invention can apply only an engine to the power output unit made into the source of power, it is desirable to apply especially an engine and a motor to the hybrid-type power output unit made into the source of power. A hybrid-type power output unit is because starting and a halt of an engine are repeatedly performed during operation. It is desirable to apply the starting control device of this invention and to constitute invention as a hybrid car especially, as shown below.

[0030] The hybrid car of this invention carries an engine and the 1st motor as a source of supply of power. It is the hybrid car it runs while controlling starting and a halt of this engine by the 2nd motor combined with this engine. While controlling said 2nd motor and rotating this engine according to the starting demand of this engine An engine ignition control means to perform supply and ignition to the fuel to said engine, In the range which does not check a power setting means to set up the demand power at the time of self-sustaining of this engine, the engine control means which operates said engine by the operational status according to said demand power, and operation of said engine The motor control means which rotates said 2nd motor at a low motor target rotational frequency more nearly intentionally than the engine speed realized by said engine control means, Let it be a summary to have a self-sustaining judging means to judge whether said engine started self-sustaining based on the torque of this 2nd motor.

[0031] According to this hybrid car, an engine can be appropriately put into operation according to the same operation as the starting control device explained previously. Since a hybrid car can be run only by the source of power of a motor, starting and a halt of an engine are repeatedly performed during transit. Since the engine by which repeat activation is carried out in this way can be appropriately put into operation according to the hybrid car of this invention, while stable operation is realizable, improvement in fuel consumption and reduction of emission can be aimed at.

[0032] In addition, which configuration of a series hybrid car and a parallel hybrid car is sufficient as the hybrid car of this invention. The 1st above-mentioned motor and 2nd above-mentioned motor are used as a different motor, and an engine and a driving shaft will serve as a series hybrid car, if the configuration which is not combined is applied. Moreover, if the 1st motor and 2nd motor are used as a different motor and an engine and a driving shaft are combined, it will become the parallel hybrid car equipped with two motors. Furthermore, it becomes the parallel hybrid car equipped with a common motor, then one common motor about the 1st motor and 2nd motor. This invention is not cared about as what adopts which configuration.

[0033] In the hybrid car of this invention, like the starting control unit explained previously, said

power setting means is a means to set said demand power as a value 0, and, as for said engine control means, it is desirable that it shall be a means to rotate said engine by the predetermined engine speed. Thus, the vibration at the time of engine starting, fuel consumption, and emission can be controlled as the starting control device explained previously, when setting up demand power. Especially control of vibration is desirable at the point which improves the degree of comfort of a hybrid car greatly.

[0034] Moreover, when making demand power into a value 0, it has a temperature detection means to detect the temperature of said engine, and, in below the predetermined value in which this temperature becomes settled according to the ease of ignition in said engine, it is desirable [ said power setting means ] that it shall also be the means which makes said demand power a forward predetermined value. If it carries out like this, it will become possible to put an engine into operation appropriately under low temperature.

[0035] It has a stop judging means to judge whether said car is stopping in making demand power into a value 0, and when said car is not stopping, as for said power setting means, it is desirable that it shall also be the means which makes said demand power a forward predetermined value.

[0036] According to this hybrid car, demand power is made into a value 0 during a stop, and it considers as a forward predetermined value during transit. When putting an engine into operation during transit, usually to run using engine power is demanded. If the transit under this situation is continued, the power of a dc-battery will be consumed. Therefore, when engine starting is required during transit, it is desirable to output power promptly from an engine. According to the above-mentioned hybrid car, since engine demand power is put into operation as a forward predetermined value, power can be outputted promptly. Therefore, the responsibility of a car can be improved while being able to control the power consumption of a dc-battery.

[0037] In addition, the demand power at the time of starting during transit is good also as constant value set up beforehand, and good also as a value which becomes settled according to the run state of a car, for example, the vehicle speed, the amount of treading in of an accelerator, etc. In the case of the latter, it is good also as that to which demand power is changed continuously, and good for it also as what is changed gradually.

[0038] Moreover, you may apply combining what makes demand power a forward predetermined value in various modes at the time of low temperature. For example, an engine is the temperature more than predetermined, only when it is under stop, demand power is made into a value 0, and in the case of others, it is good also as a forward predetermined value. Moreover, when under a stop or an engine satisfies one conditions of the temperature more than predetermined, demand power is made into a value 0, and in the case of others, it is good also as a forward predetermined value. In addition, combining and applying in various modes is possible.

[0039] This invention can also be constituted as the control approach of the engine shown below. Namely, while the control approach of this invention rotates this engine with the power of the motor combined with the engine It is the control approach to which supply and ignition to a fuel are carried out, and self-sustaining of this engine is carried out (a). The process which sets up the demand power at the time of self-sustaining of this engine, (b) Process which operates said engine by the operational status according to said demand power (c) In the range which does not check operation of said engine Process which rotates said motor at a low motor target rotational frequency more nearly intentionally than the engine speed realized by said engine control means (d) It is the control approach equipped with the process which judges whether said engine started self-sustaining based on the torque of this motor.

[0040] According to this control approach, according to the operation same with having explained as a starting control device previously, it is stabilized and an engine can be appropriately put into operation. In addition, it cannot be overemphasized that it is possible to apply the various additional elements previously explained in the starting control unit to the above-mentioned control approach. Moreover, it is also possible to constitute invention as the engine control approach as invention of the control approach of a hybrid car.

[0041]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained based on an example.

“(1) The configuration of an example : first, explain the configuration of the hybrid car as an example of this invention. Drawing 1 is the explanatory view showing the configuration of the power network which outputs the power of this hybrid car. The engine 150 with which the power network was equipped is the usual gasoline engine, and rotates a crankshaft 156. The engine 150 of this example is equipped with the device (it is hereafter called a VVT device) in which the closing motion timing of an inlet valve and an exhaust valve can be adjusted. About the configuration of a VVT device, since it is common knowledge, detailed explanation is omitted. [0042] Operation of an engine 150 and a VVT device are controlled by EFIECU170. EFIECU170 is a one-chip microcomputer which has CPU, ROM, RAM, etc. inside, and performs control of the fuel oil consumption and others of an engine 150 according to the program to which CPU was recorded on ROM.

[0043] Otherwise, the power network is equipped with motors MG1 and MG2. Motors MG1 and MG2 are synchronous motors, and are equipped with Rota 132,142 which has two or more permanent magnets in a peripheral face, and the stator 133,143 around which the three phase coil 131,141 which forms rotating magnetic field was wound. The stator 133,143 is being fixed to the case 119. The three phase coil 131,141 wound around the stator 133,143 of motors MG1 and MG2 is connected to the dc-battery 194 through the drive circuit 191,192, respectively. The drive circuit 191,192 is the transistor inverter equipped with the transistor as a switching element by 2 set [ 1 ] for every phase. The drive circuit 191,192 is connected to the control unit 190. If the transistor of the drive circuit 191,192 is switched by the control signal from a control unit 190, a current will flow between a dc-battery 194 and motors MG1 and MG2. Motors MG1 and MG2 can also operate as a motor which carries out a rotation drive in response to supply of the power from a dc-battery 194, when Rota 132,142 is rotating according to external force (this run state is hereafter called power running), can function as a generator which makes the both ends of the three phase coil 131,141 produce electromotive force, and can also charge a dc-battery 194 (this run state is hereafter called regeneration).

[0044] An engine 150 and motors MG1 and MG2 are mechanically combined through planetary gear 120, respectively. Planetary gear 120 consist of planetary carriers 124 which have a sun gear 121, a ring wheel 122, and the planetary pinion gear 123. A sun gear 121 rotates in the center. The planetary pinion gear 123 revolves around the sun, rotating the perimeter of a sun gear 121. A ring wheel 122 is rotated around the planetary pinion gear 123. The crankshaft 156 of an engine 150 is combined with the planetary carrier shaft 127 through the damper 130. A damper 130 is for absorbing twist vibration produced in a crankshaft 156. Rota 132 of a motor MG 1 is combined with the sun gear shaft 125. Rota 142 of a motor MG 2 is combined with the ring wheel shaft 126. Rotation of a ring wheel 122 is transmitted to a driving shaft 112 and Wheels 116R and 116L through a chain belt 129.

[0045] The whole operation of the hybrid car of an example is controlled by the control unit 190. A control unit 190 is a one-chip microcomputer which has CPU, ROM, RAM, etc. inside like EFIECU170. The control unit 190 is connected with EFIECU170, and both can be communicated for each other in various information. For example, EFIECU170 has detected engine water temperature with the coolant temperature sensor 154. Therefore, a control unit 190 can acquire engine water temperature by communication link. On the contrary, a control unit 190 can control operation of an engine 150 indirectly by transmitting information which is needed for control of an engine 150, such as a torque command value and a command value of an engine speed, to EFIECU170. Moreover, operation of motors MG1 and MG2 can be controlled directly by controlling switching of the drive circuit 191,192.

[0046] In order to realize this control, the rotational frequency sensor 144 for getting to know the accelerator pedal position sensor 165 for detecting the various sensors of treading in, for example, the amount of the accelerator by the operator, and the rotational frequency of a driving shaft 112 etc. is formed in the control unit 190. Since it is combined mechanically, in this example, the ring wheel shaft 126 and a driving shaft 112 form the rotational frequency sensor 144 for getting to know the rotational frequency of a driving shaft 112 in the ring wheel shaft 126, and are using it as the sensor for controlling rotation of a motor MG 2 in common.

[0047] (2) Fundamental actuation : in order to explain fundamental actuation of this hybrid car,

explain actuation of planetary gear 120 first. Planetary gear 120 have the property in which the rotation condition of a residual revolving shaft is decided, if the rotational frequency and torque (both are hereafter called the rotation condition collectively) of two revolving shafts are determined among three revolving shafts mentioned above. The relation of the rotation condition of each revolving shaft is shown in a degree type (1).

[0048]

$$N_r = (1 + \rho) N_c - \rho N_s;$$

$$N_c = (N_r + \rho N_s) / (1 + \rho);$$

$$N_s = (N_c - N_r) / \rho + N_c;$$

$$T_s = \rho / (1 + \rho) \times T_c;$$

$$T_r = 1 - \rho / (1 + \rho) \times T_c \quad \text{--- (1)}$$

[0049] Here,  $N_s$  and  $T_s$  are [ the rotational frequency of the ring wheel shaft 126 and torque, and  $N_c$  and  $T_c$  of the rotational frequency of the sun gear shaft 125 and torque, and  $N_r$  and  $T_r$  ] the rotational frequencies and torque of the planetary carrier shaft 127. Moreover,  $\rho$  is the gear ratio of a sun gear 121 and a ring wheel 122 as it is expressed with a degree type.

The number of teeth of the number of teeth / ring wheel 122 of the  $\rho$  = sun gear 121 [0050]

The hybrid car of this example can run in the various condition based on an operation of planetary gear 120. For example, where [ comparatively low speed ] transit is begun, while the hybrid car had suspended the engine 150, it transmits and runs power to a driving shaft 112 by acting as the power running of the motor MG 2. It may run carrying out idle operation of the engine 150 similarly.

[0051] If a hybrid car reaches a predetermined rate, a control unit 190 acts as the power running of the motor MG 1, by the torque, will carry out cranking of the engine 150, and will start. At this time, the reaction force torque of a motor MG 1 is outputted also to a ring wheel 122 through planetary gear 120. A control unit 190 controls operation of a motor MG 2 to output demand power from a driving shaft 112, offsetting this reaction force torque. The control for putting an engine into operation is explained in full detail behind.

[0052] In the condition that the engine 150 is operating, the power is changed into various rotational frequencies and the rotation condition of torque, and it outputs and runs from a driving shaft 112. If an engine 150 is operated and the planetary carrier shaft 127 is rotated, the sun gear shaft 125 and the ring wheel shaft 126 will rotate under the conditions with which are satisfied of an upper type (1). The power by rotation of the ring wheel shaft 126 is transmitted to Wheels 116R and 116L as it is. The power by rotation of the sun gear shaft 125 can be revived as power by the motor MG 1. On the other hand, if it acts as the power running of the motor MG 2, power can be outputted to Wheels 116R and 116L through the ring wheel shaft 126. When the torque transmitted to the ring wheel shaft 126 from an engine 150 runs short, torque is assisted by acting as the power running of the motor MG 2. The power stored in the power and the dc-battery 149 which were revived by the motor MG 1 is used for the power for acting as the power running of the motor MG 2. A control unit 190 controls operation of motors MG1 and MG2 according to the demand power which should be outputted from a driving shaft 112.

[0053] Planetary gear 120 are in the condition which the ring wheel 122 stopped, and can rotate the planetary carrier 124 and a sun gear 121. Therefore, an engine 150 can be operated also after the car has stopped. For example, if the remaining capacity of a dc-battery 194 decreases, a dc-battery 194 will be charged by putting an engine 150 into operation and carrying out regeneration operation of the motor MG 1. If it acts as the power running of the motor MG 1 even when the car has stopped, by the torque, cranking of the engine 150 can be carried out and it can start. At this time, a control unit 190 controls a motor MG 2, and offsets the reaction force torque of a motor MG 1.

[0054] (3) Explain starting control processing; next the starting control processing in this example. While starting control processing carries out cranking of the engine 150 by the motor MG 1, the processing for performing injection of a fuel and ignition and starting self-sustaining is said. By CPU in a control unit 190 (only henceforth CPU), starting control processing is combined with various control processings, and is repeatedly performed for every predetermined time. When the rate which uses engine power for the 1st from EV transit to which the vehicle

speed and torque of a hybrid car consider a motor MG 2 as the source of power and which usually shifts to a run state is reached, starting control processing is performed as explained previously. It performs, when the engine 150 has stopped [ 2nd ], the remaining capacity of a dc-battery 194 falls and it is judged that charge is required. Starting by the 2nd condition is performed by not being concerned during a stop and transit.

[0055] If a starting control manipulation routine is started, CPU will control the VVT device of an engine 150 and will set an inlet-valve closing angle as the maximum lag first (step S100). This setup is explained. Drawing 3 is the explanatory view showing the closing motion timing of the inlet valve by the VVT device, and an exhaust valve. The piston is moving up and down within a cylinder and the crankshaft of an engine 150 rotates an engine 150 in the direction of the clockwise rotation in drawing in connection with this.

[0056] The arrow head of void showed the closing motion timing of an inlet valve, and the arrow head of continuous tone illustrated the closing motion timing of an exhaust valve. When an exhaust valve has a crankshaft in a front rotation location a little from the bottom dead point of a piston, it is opened, and when a top dead center is crossed a little, it is closed as illustrated. This timing is immobilization. On the other hand, an inlet valve is closed, when it opens in this side and a bottom dead point is crossed a little from a top dead center for example, in the timing A. After an inlet valve opens, till the time of exceeding a little, the both sides of an inlet valve and an exhaust valve are opening the top dead center. If closing motion timing is changed according to a VVT device, only the closing motion timing of an inlet valve will change like Timing B. At this time, an inlet valve is later than Timing A, when it crosses a top dead center a little, it is opened, and when that part bottom dead point is crossed greatly, it comes to close it. Although the closing motion timing of an inlet valve is changed, the period which is in the open condition is the same to Timing A and Timing B.

[0057] Thus, it shall express using an include angle, i.e., an inlet-valve closing angle, until an inlet valve closes from a bottom dead point as the changing closing motion timing of an inlet valve was illustrated. If an inlet-valve closing angle is adjusted more greatly than a standard value, it will become late that an inlet valve closes. This control is called lag control. If lag control is carried out, since the stroke which compresses the gaseous mixture inhaled in the combustion chamber will become short, the loads at the time of performing cranking for putting an engine 150 into operation decrease in number. In order to reduce the load of a step S100 small lever, the inlet-valve closing angle is controlled by this example to the maximum lag.

[0058] Next, CPU controls operation of an engine (step S200). Drawing 4 is the flow chart of an engine operation control manipulation routine. In this processing, as for CPU, an engine 150 judges whether operation is started or not (step S202). In being in the condition that supply and ignition in the condition, i.e., a fuel, that the engine 150 has not started operation are not performed, CPU ends an engine operation control manipulation routine. Since operation of an engine is not started in case a starting control manipulation routine ( drawing 2 ) is performed first, as for CPU, processing will be performed at all.

[0059] On the other hand, when the engine 150 has started operation, it judges whether a car is stopping CPU (step S204). This judgment can be performed based on the vehicle speed called for using the detecting signal of the rotational frequency sensor 144. Moreover, it can also judge based on whether the so-called position of a shift lever is located into P position used at the time of a stop. And the operational status of an engine 150 is set up according to the run state of a car, and control of operation is performed as shown below.

[0060] When judged with it not being under stop, the power according to a run state is set up as demand power of an engine 150. For this reason, CPU inputs the amount of treading in and the vehicle speed of an accelerator (step S212). The amount of treading in of an accelerator is detected by the accelerator opening sensor 165. Based on these amounts of many, the run state, i.e., the vehicle speed, and demand torque of a car are detectable. From the product of the vehicle speed and demand torque, CPU calculates power required for transit and sets it up as demand power  $P_{e*}$  of an engine 150 (step S214).

[0061] Next, gradual change processing is performed about demand power  $P_{e*}$  set up in this way (step S216). Gradual change processing is processing which controls fluctuation of demand

power  $P_{e*}$ . When changing demand power  $P_{e*}$  of an engine 150 rapidly, it is processing for avoiding possibility that the operational status of a car will become unstable. Fluctuation of demand power is controlled the processing which specifically multiplies each of old demand power and the demand power newly set up at step S214 by the predetermined weighting factor, and takes the sum, and by [ so-called ] processing by annealing. Here, processing which carries out an upper limit guard so that the rate of change to a value may become below a predetermined value from old demand power, as a result of being annealed and processed has also been performed to coincidence.

[0062] In this example, bound guard processing is further performed to demand power  $P_{e*}$  set up in this way (step S218). That is, the value of demand power  $P_{e*}$  is corrected so that it may go into the range of " $0 \leq P_{e*} \leq P_{max}$ ." For example, when smaller than a value 0, a value 0 is set as demand power  $P_{e*}$  for demand power  $P_{e*}$ . When larger than a value  $P_{max}$ , a value  $P_{max}$  is set as demand power  $P_{e*}$  for demand power  $P_{e*}$ . A value  $P_{max}$  is a upper limit of the demand power set up in the range which does not produce vibration to the extent that it cannot overlook in an engine 150 at the time of starting, and other unstable operational status.

[0063] In this way, a setup of the demand power of an engine 150 sets up target rotational frequency  $N_{e*}$  of an engine 150 based on a performance curve next (step S220). Drawing 5 is the explanatory view showing a performance curve. The curve B in drawing shows the rotational frequency which can operate an engine 150, and the threshold value of torque. It is an effectiveness line that the curve shown at  $\alpha 1\%$ ,  $\alpha 2\%$ , etc. becomes respectively fixed [ the operation effectiveness of an engine 150 ] etc., and it is shown that effectiveness becomes low at order ( $\alpha 1\%$  and  $\alpha 2\%$ ). An engine 150 has high effectiveness on the operation point limited comparatively, and effectiveness falls gradually on the operation point of the perimeter as illustrated.

[0064] The curve shown by C1, C2, and C3 is a curve with the fixed power outputted from an engine 150. In case A1, A2, and A3 output the power of curves C1, C2, and C3, respectively, they show the point that operation effectiveness becomes the highest. In addition, the curve of C1-C3 is a curve which can be innumerable drawn according to demand power, and can choose the high torque and the high rotational frequency of operation effectiveness according to each demand power. In this way, the curve describing the countless high operation point of the selected effectiveness is the curve A in drawing, and calls this a performance curve.

[0065] At step S220 of engine operation point setting processing, target rotational frequency  $N_{e*}$  with sufficient operation effectiveness is chosen from on a performance curve. In addition, all the fields that can operate an engine 150 were shown in drawing 5. The engine operation point setting manipulation routine of drawing 4 is processing at the time of engine 150 starting, and is processing by which demand power is performed in the comparatively low condition. Therefore, the performance-curve up part which was shown in drawing 5 and which are a low rotational frequency and low torque comparatively is used.

[0066] CPU clears an idle flag at this and coincidence (step S220). An idle flag is a flag for directing activation of the control which carries out idle operation of the engine 150. A car gives priority to demand power  $P_{e*}$  during transit, and controls operation of an engine 150. Therefore, an idle flag is cleared in order to direct activation of this control.

[0067] In this way, if the operation point under transit is set up, CPU will perform control of operation of an engine 150 (step S222). EFIECU170 actually controls operation of an engine 150. Therefore, CPU controls operation of an engine 150 indirectly by outputting demand power  $P_{e*}$  to EFIECU170 here. EFIECU170 controls the inlet-valve closing angle by fuel oil consumption, throttle opening, ignition timing, and the VVT device etc. according to demand power  $P_{e*}$ .

[0068] In addition, the both sides of demand power  $P_{e*}$  and rotational frequency  $N_{e*}$  are uncontrollable only by control of operation of an engine 150. As demand power  $P_{e*}$  is outputted, it is only controlling an engine 150, and EFIECU170 becomes settled as a result according to the load with which an engine speed is applied to an engine 150. When putting an engine 150 into operation during transit, since power required for transit is already outputted by the motor MG 2, a transit load has hardly been applied to the engine 150. Therefore, if only control of step S222 is performed, an engine 150 will rotate at a very high rotational frequency. In this example, target



rotational frequency  $Ne^*$  set up at step S220 because a motor MG 1 gives a load to an engine 150 is realized as mentioned later.

[0069] In step S202, when judged with it being under stop, CPU performs control for operating an engine 150 by the so-called idle state. CPU inputs the water temperature of the engine 150 detected by the coolant temperature sensor 154 (step S232). CPU sets up the demand power of an engine 150 based on this water temperature (step S234). The demand power under stop is beforehand set up as a map according to water temperature. Drawing 6 is the explanatory view showing the map which gives demand power  $Pe^*$ . When engine water temperature is lower than the predetermined temperature  $tmp2$ , demand power is set as the forward predetermined value  $ptmp$ , as illustrated. As for demand power, engine water temperature is set as a value 0 in the with a temperature [  $tmp$  ] of one or more range. Among temperature  $tmp2$ – $tmp1$ , demand power changes gradually according to engine water temperature.

[0070] When engine water temperature is low, generally it is hard to put an engine 150 into operation that it is hard to evaporate a fuel. In this case, a forward predetermined value then the inspired air volume of an engine 150, and fuel oil consumption increase demand power, and starting of an engine 150 becomes easy. In this example, from this viewpoint, when water temperature is low (one or less  $tmp$  [ of drawing 6 ] condition), demand power is set to  $ptmp$ , so that starting of an engine 150 is difficult. In this example, two are set to the temperature  $tmp$  of 1 – 10 degrees C, and –20 degree C of  $temp(s)$ , and  $ptmp$  is set to 4kw(s). the class of engine which carries these parameters — responding — swerving —  $**$  — what is necessary is just to choose a suitable value

[0071] Next, CPU sets up target rotational frequency  $Ne^*$  of an engine 150 (step S236). Target engine-speed  $Ne^*$  is beforehand set up as a map of engine water temperature like demand power. Drawing 7 is the example of the map which gives target rotational frequency  $Ne^*$ . In three or less value  $tmp$  predetermined in engine water temperature, target rotational frequency  $Ne^*$  is set as a value  $Nt1$  as illustrated. If engine water temperature exceeds  $tmp3$ , gradually, target rotational frequency  $Ne^*$  will decrease and target rotational frequency  $Ne^*$  will become a value  $Nt2$  at four or more temperature  $tmp$ . When engine water temperature is comparatively low, in order to promote warming up of an engine 150, a little high rotational frequency is set up as a target rotational frequency. In this example, a value  $Nt1$  is set as 1300rpm, and the value  $Nt2$  is set as 1000rpm. These values should just choose a respectively suitable value according to the class of engine to carry.

[0072] CPU sets an idle flag at this and coincidence (step S236). In carrying out idle operation of the engine 150, unlike the control previously explained at step S222, EFIECU170 controls operation of an engine 150 to rotate at a target engine speed. CPU sets an idle flag, in order to direct activation of this control.

[0073] In this way, if a target engine speed is set up, CPU will perform control which carries out idle operation of the engine 150 at this engine speed (step S238). CPU controls operation of an engine 150 indirectly by transmitting required information to EFIECU170 as already explained. Here, since the idle flag is turned on, EFIECU170 controls the inlet-valve closing angle by fuel oil consumption, throttle opening, and the VVT device etc. according to the rotational frequency of an engine 150. From CPU, the flag which directs activation of this control, and target rotational frequency  $Ne^*$  are outputted to EFIECU170. In this way, if control of operation of an engine 150 is performed according to the run state of a car, respectively, CPU will end an engine operation control manipulation routine, and will return to a starting control manipulation routine ( drawing 2 ).

[0074] In a starting control manipulation routine, control of operation of a motor MG 1 is performed next (step S300). Drawing 8 R> 8 is the flow chart of the setting manipulation routine of MG1 torque  $T1$ . Initiation of this processing judges whether CPU is larger than the predetermined rotational frequency  $Netag$  used as the decision criterion of whether the rotational frequency of an engine 150 lights (it is hereafter called an ignition rotational frequency) (step S302). EFIECU170 is performing control of ignition timing based on the rotational frequency  $Ne$  of an engine 150. Therefore, the rotational frequency  $Ne$  of an engine 150 is detectable by the communication link with EFIECU170. The predetermined engine speed  $Netag$  should just set

up the engine speed which was suitable for ignition according to the engine class. In this example, in order to avoid big fluctuation of the rotational frequency accompanying starting, the value of  $Netag$  is set as a value almost equivalent to idle rpm, and 1000rpm.

[0075] When a rotational frequency  $Ne$  is below  $Netag$ , control (it is hereafter called ramp control) which increases the torque  $T1$  of a motor MG 1 gradually with predetermined rate of change is performed. For this reason, as for CPU, only predetermined increment  $\Delta T$  increases the torque  $T1$  of a motor MG 1 (step S310). It combines, and upper limit guard processing is performed to torque  $T1$  so that the predetermined maximum  $T_{max}$  may not be exceeded (step S312).

[0076] When the rotational frequency of an engine 150 is comparatively low, even if it outputs big torque from a motor MG 1 under the effect of inertia, it does not lead to the rise of the rotational frequency of an engine 150. Setting the demand torque of a motor MG 1 as a big value in this condition leads to consuming power vainly. In this example, from this viewpoint, when a rotational frequency  $Ne$  is below  $Netag$ , ramp control of the motor MG 1 shall be carried out.

[0077] On the other hand, when the rotational frequency  $Ne$  of an engine 150 is larger than  $Netag$ , CPU carries out feedback control of the torque of a motor MG 1. This feedback control is made as [  $be / \text{the rotational frequency } Ne \text{ of an engine 150} / \text{in agreement with predetermined target rotational frequency } N1^*$  ]. However, target rotational frequency  $N1^*$  applies the value which changes with run states of a car. It judges whether a car is stopping CPU (step S320), and in not being under stop, it substitutes value  $Ne^*$  for target rotational frequency  $N1^*$  (step S322). This value is a value set up at step S220 of engine operation control processing ( drawing 4 ). When a car is stopping, the value which subtracted the predetermined value  $\alpha$  from value  $Ne^*$  as target rotational frequency  $N1^*$  is set up (step S324). In this example, the predetermined value  $\alpha$  is set as 30 - 50rpm extent as mentioned later.

[0078] If a load is not given to an engine 150 by the motor MG 1 during transit of a car as explained previously, an engine 150 will be operated at a very high rotational frequency. Target engine-speed  $N1^*$  and  $Ne^*$  are values lower than the engine speed realized by control of an engine 150. On the other hand, it is controlled so that an engine 150 operates by target rotational frequency  $Ne^*$  during a stop. Target engine-speed  $N1^*$  becomes a value lower than the engine speed realized by control of an engine 150 by setting it as the value which subtracted the predetermined value  $\alpha$  from value  $Ne^*$  as step S322 explained. Thus, in this example, it was not concerned with the run state of a car, but target engine-speed  $N1^*$  used for calculation of the torque of a motor MG 1 is set as a value lower than the engine speed realized by control of an engine 150.

[0079] Next, CPU sets up the torque  $T1$  of a motor MG 1 by the following formulas based on deflection  $\Delta T_{anc}$  of target engine-speed  $N1^*$  set up in this way and the engine speed  $Ne$  of an engine 150 (step S326).

$$T1 = k1 \cdot \Delta T_{anc} + k2 \cdot \Delta T_{anc}$$

$\Delta T_{anc} = N1^* - Ne$  [0080] An upper type is a formula for setting up the torque of a motor MG 1 by the so-called PI control. Torque  $T1$  is set up according to the proportional (the 1st term of the right-hand side) and integral term (the 2nd term of the right-hand side) of deflection  $\Delta T_{anc}$  of a rotational frequency.  $k1$  and  $k2$  are the fixed multipliers beforehand set up in an experiment or analysis as gain, respectively. When the rotational frequency  $Ne$  of an engine 150 is higher than target rotational frequency  $N1^*$ , the torque  $T1$  of a motor MG 1 serves as a negative value, and when low, it serves as a forward value. Since PI control is a well-known technique, it omits the detailed explanation beyond this. In this way, CPU performs gradual change processing to the set-up torque  $T1$  (step S328). It is for avoiding that the torque of a motor  $T1$  changes suddenly and operational status becomes unstable.

[0081] If the torque  $T1$  of MG1 is set up by the above processing, CPU will control operation of a motor MG 1 (step S330). CPU sets up the electrical potential difference which should be impressed to the three phase coil of a motor MG 1 according to torque  $T1$ . PWM control of the turning on and off of each transistor which constitutes the drive circuit 191 is carried out so that this electrical-potential-difference value may be impressed to a three phase coil with the phase according to the rotational frequency of a motor MG 1. It is the same when the torque of



a motor MG 1 is negative (i.e., also when carrying out regeneration operation of the motor MG 1). Since PWM control of a synchronous motor is a well-known technique, detailed explanation is omitted.

[0082] In parallel to control of a motor MG 1, CPU measures elapsed time after the target torque T1 becomes negative (step S332). This is measurement of the time amount which is negative continuously. Therefore, elapsed time will be initialized by the value 0, if it changes to a forward value again after the target torque T1 becomes a negative value. If the above processing is performed, CPU will end a motor MG1 control manipulation routine, and will return to a starting control manipulation routine ( drawing 2 ).

[0083] Then, CPU performs processing which controls operation of a motor MG 2 (step S400). It is controlled to output required power to a driving shaft 112, a motor MG 2 offsetting the reaction force by the torque of MG1. The reaction force is outputted to a ring wheel 122 by the formula (1) previously shown that torque T1 is outputted from a motor MG 1. During a stop, the torque which offsets this reaction force is set up as target torque of a motor MG 2. In addition, when the car is running, the value which added torque required for transit to the torque which offsets reaction force is set up as target torque of a motor MG 2. CPU carries out PWM control of the turning on and off of each transistor which constitutes the drive circuit 192 so that the electrical potential difference according to the target torque set up in this way may be impressed to the three phase coil of a motor MG 2.

[0084] The rotational frequency of an engine 150 is changed every moment by the above processing. When the engine speed of an engine 150 is low, the engine speed of an engine 150 rises gradually by carrying out ramp control of the torque of a motor MG 1 at the beginning when the starting control manipulation routine was started. When it judges whether the rotational frequency Ne of the engine 150 changed in this way is more than the ignition rotational frequency Netag (step S500) and CPU becomes about it more than the ignition rotational frequency Netag, fuel injection to an engine 150 and ignition processing are performed (step S600). The directions which perform this processing and start operation of an engine 150 are outputted to EFIECU170 as already explained. Of course, this processing is not performed when operation of an engine 150 is already started. Moreover, this processing is not performed also when the rotational frequency Ne of an engine 150 is lower than the ignition rotational frequency Netag.

[0085] Next, CPU judges whether the progress period after the torque T1 of a motor MG 1 becomes negative exceeded the predetermined value Ts as a high-order detonation judging of an engine 150 (step S700). As for a high-order detonation judging, an engine 150 says the judgment of whether to have started self-sustaining. An engine's 150 initiation of self-sustaining controls operation of an engine 150 by engine operation control processing (step S200). Consequently, an engine 150 is controlled to rotate at a rotational frequency higher than target rotational frequency N1\* used as the criteria of torque calculation of a motor MG 1.

[0086] On the other hand, a motor MG 1 comes to output negative torque so that target rotational frequency N1\* may be made to reduce the rotational frequency of an engine 150. In the condition that the engine 150 has not carried out self-sustaining, an engine 150 cannot maintain the rotational frequency more than N1\*, after the motor MG 1 has covered the load. Therefore, whether the period when the torque T1 of a motor MG 1 becomes negative exceeded the predetermined value cs can perform a high-order detonation judging. When the predetermined value cs is exceeded, it judges with the engine 150 having started self-sustaining, and CPU ends a starting control manipulation routine. It judges with the engine 150 not performing self-sustaining, and in below the predetermined value cs, CPU repeats processing to steps S200-S600, and is performed in it. Based on change of the engine speed at the time of starting, the torque of a motor MG 1, etc., the predetermined value cs can be beforehand set up experimentally or analytically as shown below.

[0087] The situation of change, such as torque of the engine speed accompanying starting control processing of this example and a motor MG 1, is shown. Drawing 9 R 9 is the explanatory view showing fluctuation of an engine speed when starting control processing is performed during transit of a car etc. If starting control of an engine 150 is started in time of day

t1 as illustrated, the torque of a motor MG 1 will go up to maximum torque  $T_{max}$  with fixed rate of change (step S310 of drawing 8, S312 reference). The rotational frequency of an engine 150 increases gradually by the torque of a motor MG 1.

[0088] In this way, if the engine speed of an engine 150 reaches the predetermined ignition engine speed  $Netag$  in time of day  $t2$ , supply and ignition to the fuel to an engine 150 will be performed. After reaching the ignition rotational frequency  $Netag$ , the torque of a motor MG 1 is set up by PI control (step [ of drawing 8 ] S320 - S328 reference). Based on the deflection of target rotational frequency  $Ne^*$  of an engine 150, and the actual rotational frequency  $Ne$ , it is set up during transit of a car. In the section of time of day  $t2-t3$ , since an engine rotational frequency is lower than target rotational frequency  $Ne^*$ , the torque of a motor MG 1 serves as a forward value.

[0089] In time of day  $t3$ , if the rotational frequency of an engine 150 results in target rotational frequency  $Ne^*$ , the torque of a motor MG 1 will change to negative. In this case, if the engine 150 has not started self-sustaining, as the broken line in drawing shows, the rotational frequency of an engine 150 falls below to value  $Ne^*$ . Therefore, the torque of a motor MG 1 will return to a forward value immediately again.

[0090] On the other hand, if the engine 150 has started self-sustaining, an engine 150 will be controlled to output power  $Pe^*$ . Therefore, the rotational frequency of an engine 150 increases. A motor MG 1 outputs negative torque in order to make value  $Ne^*$  reduce the rotational frequency of an engine 150. In this way, a period for a while and the torque of a motor MG 1 serve as a negative value until the rotational frequency of an engine 150 is stabilized in value  $Ne^*$ .

[0091] If the torque of a motor MG 1 changes to negative in time of day  $t3$ , a high-order detonation judging counter will start measurement of elapsed time. A high-order detonation judging counter increases at a fixed rate as it will illustrate, if the engine 150 has started self-sustaining. If time of day  $t4$  comes and elapsed time exceeds the predetermined value  $cs$ , CPU will judge with the engine 150 having started self-sustaining, and will end starting control.

[0092] The elapsed time  $cs$  used as the criteria of a high-order detonation judging sets up the suitable value which can judge that the engine 150 started self-sustaining based on fluctuation of such an engine speed etc. For example, when setting elapsed time  $cs$  as the small value, the engine 150 should misjudgment-law-start self-sustaining by torque fluctuation of the motor MG 1 as the broken line in drawing 9 R> 9 showed, when the engine 150 has not started self-sustaining. On the other hand, if a value  $cs$  is set as a large value, the time amount which a high-order detonation judging takes will become long. Moreover, while the torque of a motor MG 1 is slight, depending on the responsibility of control, it may just change, until the rotational frequency of an engine 150 is stabilized in  $Ne^*$ , and an incorrect judging may be caused. In this example, elapsed time  $cs$  is set as several seconds in consideration of these conditions. In addition, it does not matter as that to which elapsed time  $cs$  is changed according to engine water temperature etc.

[0093] Next, a setup of target rotational frequency  $N1^*$  used by setup of the torque  $T1$  of a motor MG 1 during a stop is explained. Drawing 10 is the explanatory view showing fluctuation of an engine speed when starting control processing is performed during a stop etc. Like under transit, if starting control is started in time of day  $t11$ , the torque  $T1$  of a motor MG 1 will go up to Maximum  $T_{max}$ . If the engine speed of an engine 150 reaches a value  $Netag$  in time of day  $t12$ , supply and ignition to a fuel will be performed and an engine 150 will start operation. Then, the PI control of the operation of a motor MG 1 is carried out (step [ of drawing 8 ] S300 - S328 reference).

[0094] In the section of time of day  $t12-t13$ , since the rotational frequency of an engine 150 is lower than target rotational frequency  $N1^*$  of PI control, the torque of a motor MG 1 serves as a forward value. If the rotational frequency of an engine 150 exceeds target rotational frequency  $N1^*$ , the torque of a motor MG 1 will change to negative. If the engine 150 has not started self-sustaining here, the rotational frequency of an engine 150 falls immediately and the torque of a motor MG 1 serves as a forward value again. This point is the same as that of the change under transit (refer to drawing 9).

[0095] On the other hand, when the engine 150 has started self-sustaining, an engine 150 is controlled during a stop to carry out idle operation (refer to drawing 4 ). An engine 150 is controlled to rotate by idle rpm Ne\*. On the other hand, a motor MG 1 is controlled to operate an engine 150 by target engine-speed N1\* lower than idle rpm Ne\*. The torque of a motor MG 1 serves as a negative value continuously by the interaction of both control. Consequently, a high-order detonation judging counter increases with fixed rate of change henceforth [ time of day t13 ]. In time of day t14, if elapsed time exceeds the predetermined value cs, CPU will be judged to be that to which the engine 150 started self-sustaining, and will end starting control processing.

[0096] Usually control for EFIECU170 to carry out idle operation of the engine 150 forms a predetermined neutral zone, in order that the operational status of an engine 150 may avoid changing frequently. That is, usually control of idle operation is performed so that the rotational frequency of an engine 150 may be settled in the predetermined range to idle rpm Ne\*. Since the torque T1 of a motor MG 1 will serve as a value 0 mostly if an engine 150 starts self-sustaining in being equal to idle rpm Ne\* so that target engine-speed N1\* goes into this neutral zone, it becomes impossible to perform a high-order detonation judging appropriately.

[0097] On the other hand, if target rotational frequency N1\* is set as a value extremely lower than idle rpm Ne\*, operation of an engine 150 may become unstable with the load of a motor MG 1, or it may stop. Moreover, if target rotational frequency N1\* is made into a low value, it is also known for the configuration which combined the engine 150 and the motor MG1 grade through planetary gear 120 like this example that \*\*\*\*\* will occur in planetary gear 120. Furthermore, if target engine-speed N1\* is set as a low value, as a result of rotation of an engine 150 becoming unstable, it is also known that the so-called twist resonance will occur. In this example, in consideration of these conditions, target rotational frequency N1\* is set as the range which does not bar operation of an engine 150, and the value lower about 30-50 rpm than idle rpm Ne\* is made into target rotational frequency N1\*. That is, the value alpha in step S324 of drawing 8 is made into 30 - 50rpm extent.

[0098] According to the hybrid car of this example explained above, the high-order detonation judging of an engine 150 can be performed with a sufficient precision, and an engine 150 can be appropriately put into operation. Therefore, consumption of the power at the time of starting of an engine 150 can be controlled. Moreover, since an engine 150 can be put into operation promptly and certainly, the responsibility of the car under transit can be improved.

[0099] Moreover, by the hybrid car of this example, the demand power of an engine 150 can be put into operation as a value 0 during a stop. Consequently, vibration of the engine 150 at the time of starting can be reduced. Moreover, the fuel consumption and emission at the time of starting can be controlled.

[0100] By the hybrid car of this example, the high-order detonation judging based on the torque of a motor MG 1 was enabled by making target engine-speed N1\* for setting up the torque of a motor MG 1 during a stop into a daringly low value rather than idle rpm Ne\* of an engine 150. Consequently, it was able to become possible to put an engine 150 into operation by making demand power into a value 0, and above-mentioned various effectiveness was able to be acquired. The hybrid car has the property excellent in fuel consumption and emission, and above-mentioned effectiveness raises this property further.

[0101] In addition, the hybrid car of this example makes demand power a forward value, when engine water temperature is low. Therefore, when it is under low temperature, an engine can be appropriately put into operation. Moreover, during transit, an engine 150 is put into operation under the demand power according to a run state. Therefore, the responsibility of a car can be improved, while being able to output power required for transit promptly and being able to control the power consumption of a dc-battery with starting of an engine 150.

[0102] In this example, the hybrid car which applied planetary gear 120 was illustrated. This invention is applicable to the hybrid car which is not concerned with this but consists of various configurations. Drawing 11 is the explanatory view showing the configuration of the hybrid car as a modification. By this hybrid car, it replaces with planetary gear 120 and a motor MG 1, and has the clutch motor CM. A clutch motor is a motor for Rota relatively equipped with the pivotable

inner rotor 202 and a pivotable outer rotor 204. The inner rotor 202 is combined with the crankshaft 156 of an engine 150, and the outer rotor 204 is combined with the driving shaft 112 as shown in drawing 11 . Power is supplied to an outer rotor 204 through the slip ring 206. The motor MG 2 is combined with the shaft by the side of an outer rotor 204. Other configurations are the same as that of the hybrid car of this example.

[0103] The power outputted from the engine 150 can be transmitted to a driving shaft 112 through the clutch motor CM. The clutch motor CM transmits power through electromagnetic association between the inner rotor 202 and an outer rotor 204. Under the present circumstances, if the rotational frequency of an outer rotor 204 is lower than the rotational frequency of the inner rotor 202, the power according to both slipping can be revived by the clutch motor CM. On the contrary, if power is supplied to the clutch motor CM, the rotational frequency of the inner rotor 202 can be accelerated and it can output to a driving shaft 112. When not in agreement with the demand torque which the torque outputted through the clutch motor CM from the engine 150 should output from a driving shaft 112, it can compensate with a motor MG 2.

[0104] Moreover, if it acts as the power running of the clutch motor, motoring of the engine 150 can be carried out and it can start. At the time of motoring, reaction force torque is outputted to an axle side based on the principle of the operation and reaction between the inner rotor 202 and an outer rotor 204. This reaction force torque can be offset by the motor MG 2. If this invention is applied to the 1st hybrid car, it is possible to perform the high-order detonation judging of an engine 150 based on the torque of the clutch motor CM at the time of this starting.

[0105] This invention can also apply the power of an engine 150 to the so-called series hybrid car besides the parallel hybrid car in which a direct output is possible to a driving shaft in this way. Drawing 12 is the explanatory view showing the configuration of a series hybrid car. By the series hybrid car, the crankshaft of an engine 150 is mechanically combined with the revolving shaft of Generator G. The engine 150 is not combined with a driving shaft. Power can be generated with Generator G by operating an engine 150. A dc-battery stores electricity the generated power. On the other hand, Motor M is combined with the driving shaft. Motor M rotates with the power of a dc-battery.

[0106] By the series hybrid car, it responds to the charge of a dc-battery, and an engine 150 is operated and suspended. If the power of a dc-battery is consumed and charge is needed, an engine 150 will be put into operation and charge will be started. Starting is performed by carrying out cranking of the engine 150 with Generator G. If this invention is applied to this series hybrid car, it will become possible to perform the high-order detonation judging of an engine 150 based on the torque of Generator G at the time of this starting.

[0107] In addition, this invention can apply only an engine besides a hybrid car also to the usual car made into the source of power. Moreover, in the various equipments which are not concerned with a car but carry an engine as a source of power, it is good also as what is applied to the starting control unit which puts operation of an engine into operation.

[0108] As mentioned above, although the gestalt of operation of this invention was explained, as for this invention, it is needless to say that it can carry out with the gestalt which becomes various within limits which are not limited to the gestalt of such operation at all, and do not deviate from the summary of this invention. For example, the above-mentioned example is available also as what realizes these by hardware, although various control is performed with software.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the outline configuration of the hybrid car as an example of this invention.

[Drawing 2] It is the flow chart of a starting control manipulation routine.

[Drawing 3] It is the explanatory view showing an inlet-valve closing angle.

[Drawing 4] It is the flow chart of an engine operation control manipulation routine.

[Drawing 5] It is the explanatory view showing a performance curve.

[Drawing 6] It is the explanatory view showing the relation between engine water temperature and demand power.

[Drawing 7] It is the explanatory view showing the relation between engine water temperature and a target rotational frequency.

[Drawing 8] It is the flow chart of MG1 operation-control manipulation routine.

[Drawing 9] It is the explanatory view showing fluctuation of an engine speed when starting control processing is performed during transit of a car etc.

[Drawing 10] It is the explanatory view showing fluctuation of an engine speed when starting control processing is performed during a stop etc.

[Drawing 11] It is the explanatory view showing the configuration of the hybrid car as a modification.

[Drawing 12] It is the explanatory view showing the configuration of a series hybrid car.

### [Description of Notations]

- 112 -- Driving shaft
- 116R, 116L -- Wheel
- 119 -- Case
- 120 -- Planetary gear
- 121 -- Sun gear
- 122 -- Ring wheel
- 123 -- Planetary pinion gear
- 124 -- Planetary carrier
- 125 -- Sun gear shaft
- 126 -- Ring wheel shaft
- 127 -- Planetary carrier shaft
- 129 -- Chain belt
- 130 -- Damper
- 131,141 -- Three phase coil
- 132,142 -- Rota
- 133,143 -- Stator
- 144 -- Rotational frequency sensor
- 149 -- Dc-battery
- 150 -- Engine
- 154 -- Coolant temperature sensor
- 156 -- Crankshaft

165 -- Accelerator opening sensor  
190 -- Control unit  
191,192 -- Drive circuit  
194 -- Dc-battery  
202 -- Inner rotor  
204 -- Outer rotor  
206 -- Slip ring

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-238555

(P2000-238555A)

(43) 公開日 平成12年9月5日 (2000.9.5)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
B 6 0 K 41/00		B 6 0 K 41/00	3 D 0 4 1
F 0 2 D 29/02		F 0 2 D 29/02	D 3 G 0 8 4
	3 2 1		3 2 1 A 3 G 0 9 3
45/00	3 1 4	45/00	3 1 4 B
F 0 2 N 11/04		F 0 2 N 11/04	D
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 18 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平11-41536

(22) 出願日 平成11年2月19日 (1999.2.19)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 山口 勝彦

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100096817

弁理士 五十嵐 孝雄 (外2名)

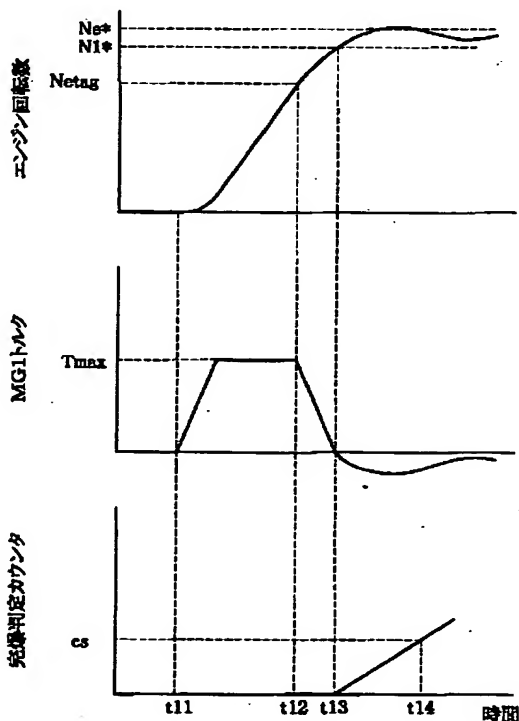
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンジンの始動制御装置、制御方法およびハイブリッド車両

## (57) 【要約】

【課題】 始動時におけるエンジンの完爆判定を適切に実行する始動制御装置を提供する。

【解決手段】 エンジン、モータMG1、モータMG2および車軸をプラネタリギヤを介して結合したハイブリッド車両を構成する。モータMG1のトルクによってエンジンをクランキングし始動する。エンジンの回転数が点火回転数 $Ne_{tag}$ よりも低い場合は、モータMG1のトルクを所定のパターンで変化させる。点火回転数に達しエンジン150の運転が開始された後は、エンジンの回転数が所定の目標回転数 $N1^*$ になるよう、PI制御によってMG1のトルクを設定する。この際、エンジンのアイドル運転時の回転数 $Ne^*$ よりも目標回転数 $N1^*$ を低く設定する。エンジンがアイドル回転数 $Ne^*$ での自立運転を開始すると、モータMG1のトルクは負に転じる。このトルク変動により、完爆判定を適切に実行することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 エンジンに結合された電動機の動力によって該エンジンを回転させるとともに、燃料の供給および点火を行って該エンジンを自立運転させる始動制御装置であって、

該エンジンの自立運転時の要求動力を設定する動力設定手段と、

前記要求動力に応じた運転状態で前記エンジンの運転を制御するエンジン制御手段と、

前記エンジンの運転を阻害しない範囲で、前記エンジン制御手段によって実現されるエンジン回転数よりも有意に低い電動機目標回転数で前記電動機を回転させる電動機制御手段と、

該電動機のトルクに基づいて前記エンジンが自立運転を開始したか否かを判定する自立運転判定手段とを備える始動制御装置。

【請求項2】 請求項1記載の始動制御装置であって、前記動力設定手段は、前記要求動力を値0に設定する手段であり、

前記エンジン制御手段は、所定のエンジン回転数で前記エンジンを回転させる手段である始動制御装置。

【請求項3】 請求項2記載の始動制御装置であって、前記エンジンの温度を検出する温度検出手段を備え、前記動力設定手段は、該温度が前記エンジンの点火の容易性に依りて定まる所定値以下の場合には、前記要求動力を正の所定値とする手段である始動制御装置。

【請求項4】 エンジンと第1の電動機とを動力の供給源として搭載し、該エンジンに結合された第2の電動機によって該エンジンの始動および停止を制御しながら走行するハイブリッド車両であって、

該エンジンの始動要求に依りて、前記第2の電動機を制御して該エンジンを回転させるとともに、前記エンジンへの燃料の供給および点火を行うエンジン点火制御手段と、

該エンジンの自立運転時の要求動力を設定する動力設定手段と、

前記要求動力に応じた運転状態で前記エンジンを運転するエンジン制御手段と、

前記エンジンの運転を阻害しない範囲で、前記エンジン制御手段によって実現されるエンジン回転数よりも有意に低い電動機目標回転数で前記第2の電動機を回転させる電動機制御手段と、

該第2の電動機のトルクに基づいて前記エンジンが自立運転を開始したか否かを判定する自立運転判定手段とを備えるハイブリッド車両。

【請求項5】 請求項4記載のハイブリッド車両であって、

前記動力設定手段は、前記要求動力を値0に設定する手段であり、

前記エンジン制御手段は、所定のエンジン回転数で前記

エンジンを回転させる手段であるハイブリッド車両。

【請求項6】 請求項5記載のハイブリッド車両であって、

前記エンジンの温度を検出する温度検出手段を備え、

前記動力設定手段は、該温度が前記エンジンの点火の容易性に依りて定まる所定値以下の場合には、前記要求動力を正の所定値とする手段であるハイブリッド車両。

【請求項7】 請求項5記載のハイブリッド車両であって、

前記車両が停車中であるか否かを判定する停車判定手段を備え、

前記動力設定手段は、前記車両が停車中でない場合には、前記要求動力を正の所定値とする手段であるハイブリッド車両。

【請求項8】 エンジンに結合された電動機の動力によって該エンジンを回転させるとともに、燃料の供給および点火を行って該エンジンを自立運転させる制御方法であって、(a) 該エンジンの自立運転時の要求動力を設定する工程と、(b) 前記要求動力に応じた運転状態で前記エンジンの運転を制御する工程と、(c) 前記エンジンの運転を阻害しない範囲で、前記エンジン制御手段によって実現されるエンジン回転数よりも有意に低い電動機目標回転数で前記電動機を回転させる工程と、(d) 該電動機のトルクに基づいて前記エンジンが自立運転を開始したか否かを判定する工程とを備える制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エンジンに結合された電動機の動力によって該エンジンを始動する始動制御装置および制御方法に関する。また、エンジンと電動機とを動力源とし、前記エンジン始動制御装置を搭載したハイブリッド車両に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、エンジンと電動機とを動力源として備えるハイブリッド車両が提案されている。ハイブリッド車両には、シリーズハイブリッド車両とパラレルハイブリッド車両とがある。シリーズハイブリッド車両とは、エンジンは発電機と結合されるのみで、駆動軸とは機械的に結合されていないハイブリッド車両をいう。シリーズハイブリッド車両では、エンジンの動力で発電機を駆動して発電することができる。この電力はバッテリーの充電に使用される他、駆動軸に結合された駆動用の電動機に供給される。シリーズハイブリッド車両は、この電動機の動力によって走行する。エンジンからの機械的な動力を直接駆動軸に伝達することはできない。

【0003】パラレルハイブリッド車両とは、エンジンと駆動軸とが機械的に結合されたハイブリッド車両をいう。エンジンは駆動軸の他、発電機とも結合されている。パラレルハイブリッド車両では、エンジンから出力



された動力の少なくとも一部を駆動軸に伝達することができる。また、エンジンに結合された発電機をエンジンの動力で駆動することにより発電することもできる。さらに、駆動軸に結合された電動機を力行して走行することもできる。電動機を力行することで、エンジンから駆動軸に伝達された動力を補って、駆動軸から要求動力を出力して走行することができる。

【0004】上述したハイブリッド車両では、車両の走行状態に応じてエンジンの運転が制御される。例えば、シリーズハイブリッド車両では、電動機の力行に十分な電力がバッテリーに充電されている場合には、エンジンの運転が停止される。バッテリーの電力が消費され、充電が必要になると、エンジンが始動されて充電が開始される。パラレルハイブリッド車両では、発進時にはエンジンを停止し、電動機の動力を利用して走行する。車両が所定の車速に達すると、エンジンを始動し、エンジンの動力を利用して走行する。バッテリーの充電状態に応じてエンジンの始動・停止が制御される点は、シリーズハイブリッド車両と同様である。

【0005】エンジンのみを動力源とする車両では、車両の走行中にはエンジンが常に運転状態にあるのが通常である。通常の車両では、車両の運転を開始する際に運転者がイグニッションスイッチを操作してエンジンを始動する。運転者がイグニッションスイッチをオンにすると、いわゆるセルモータの動力によってエンジンがクランキングされる。エンジンの回転数が、数百rpm程度に達すると、燃料の噴射および点火が行われてエンジンの運転が開始される。運転が始まると、エンジンの回転数は約1000rpm程度まで急激に増大する。この回転数の変動から、運転者はエンジンの自立始動が開始されたことを認知し、エンジン始動のための操作を完了する。

【0006】一方、ハイブリッド車両では、運転者の操作に関わらず、走行中にエンジンの始動・停止が行われる。ハイブリッド車両では、始動制御装置が、エンジンの始動要求に応じてエンジンの始動を実行する。始動制御装置は、エンジンの始動要求を受け取ると、エンジンに結合された電動機を力行して、クランキングを実行する。エンジンが所定の回転数に達すると、燃料の噴射および点火を行ってエンジンの運転を開始する。エンジンが自立運転を開始したと判定されると（以下、完爆判定という）、始動制御装置は、エンジンを始動するための処理を終了する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ハイブリッド車両では、走行中にエンジンの始動・停止が繰り返し実行される。従って、十分快適な乗り心地を確保するため、エンジンを滑らかに始動することが好ましい。かかる始動を実現するため、ハイブリッド車両では、クランキングにより自立運転時の回転数に付近まで回転数を上昇させた

後、燃料の噴射および点火を行う。このため、自立運転開始前後での回転数の変動は比較的小さく、エンジンの回転数からはエンジンが自立運転を開始したか否かを判定することが困難である。従来のハイブリッド車両では、エンジンの完爆判定は、エンジンの回転数および点火後の経過時間に基づいてなされていた。

【0008】しかし、かかる方法では、適切な完爆判定が実行できない場合があった。例えば、点火後の経過時間を短く設定した場合には、エンジンが十分に自立運転を開始していないにも関わらず電動機の運転を停止する可能性がある。この結果、エンジンは動力系統の摩擦の負荷により自立運転を開始できずに停止する可能性があった。逆に経過時間を長く設定した場合には、エンジンが既に自立運転を開始しているにも関わらず電動機が運転され、電力の消費量が増大していた。

【0009】また、パラレルハイブリッド車両の場合、上述の経過時間を長く設定した場合には、走行中の車両の応答性を損ねることになる。走行中においては、速やかにエンジンの始動の制御を終了し、エンジンの動力を利用した走行に移行することが望まれるからである。さらに、エンジンが自立運転を開始するまでの時間は、エンジン水温など種々の運転状態に応じて変化する。従来の始動制御装置は、これらの事情の全てに適合した適切な完爆判定を行うことができなかった。

【0010】上述の課題は、ハイブリッド車両に限定された課題ではない。エンジンの自立運転を判断する必要が生じる全ての始動制御装置に共通の課題であった。本発明は、かかる課題を解決するためになされたものであり、エンジンの完爆判定を適切に行うことができる始動制御装置および制御方法を提供することを目的とする。また、かかる始動制御装置を適用したハイブリッド車両を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上記課題の少なくとも一部を解決するために、本発明では以下の構成を採った。本発明の始動制御装置は、エンジンに結合された電動機の動力によって該エンジンを回転させるとともに、燃料の供給および点火を行って該エンジンを自立運転させる始動制御装置であって、該エンジンの自立運転時の要求動力を設定する動力設定手段と、前記要求動力に応じた運転状態で前記エンジンの運転を制御するエンジン制御手段と、前記エンジンの運転を阻害しない範囲で、前記エンジン制御手段によって実現されるエンジン回転数よりも有意に低い電動機目標回転数で前記電動機を回転させる電動機制御手段と、該電動機のトルクに基づいて前記エンジンが自立運転を開始したか否かを判定する自立運転判定手段とを備えることを要旨とする。

【0012】かかる始動制御装置によれば、エンジン制御手段と電動機制御手段との相互作用の結果、電動機の

トルクに現れる変動によってエンジンの完爆判定を適切に行うことができる。即ち、上記始動装置によればエンジンの自立運転が開始された後は、エンジン制御手段が要求動力に応じた運転状態でそのエンジンの運転を行う。エンジン制御手段による制御は、種々の態様が考えられ、例えば、回転数とトルクの積、即ち出力される動力が要求動力に相当するように制御することができる。また、要求動力に応じて定まる所定の回転数でエンジンを運転するように制御するものとしてもよい。エンジンに燃料の供給および点火が行われたにも関わらず、自立運転を開始していない状態では、当然、エンジン制御手段は有効に機能し得ず、エンジンは要求動力に応じた運転状態とはならない。

【0013】一方、本発明の始動制御装置では、電動機制御手段が電動機の回転を制御する。この電動機はエンジンに結合されているから、間接的にエンジンの回転数を制御することになる。つまり、電動機制御手段はエンジン制御手段により実現される回転数よりも有意に低い回転数でエンジンを回転させるように電動機を制御する。エンジンが自立運転を開始し、エンジン制御手段が有効に機能し始めた後は、その回転数を電動機目標回転数に低減させるべく、電動機からは負のトルクが出力される。エンジンが自立運転を開始する以前、即ちエンジン制御手段が有効に機能していない状態ではエンジンの回転数が電動機目標回転数よりも低い場合、エンジンの回転数を上昇させるべく、電動機からは正のトルクが出力される。

【0014】このように本発明の始動制御装置によれば、エンジンの運転状態をエンジン制御手段と電動機制御手段の2つの手段により制御する。この結果、エンジン制御手段が有効に機能するか否か、即ちエンジンが自立運転を開始したか否かに応じて、電動機の出力トルクが変動する。本発明の始動制御装置では、こうして生じる電動機のトルクの変動に基づいてエンジンが自立運転を開始したか否かを判定する。電動機のトルクの変動は、電動機制御手段によるトルク指令値に基づき容易かつ精度よく検出することができる。従って、本発明の始動制御装置によれば、完爆判定を適切に行うことができる。

【0015】ここで、本明細書における用語の定義をする。本明細書において、「始動」とはエンジンが停止状態から自立運転を開始するまでの状態をいうものとする。自立運転とは電動機からのトルクなしでエンジンが回転を継続できる運転状態にあることをいう。エンジンに燃料の噴射および点火が開始された当初では、まだ自立運転を行うことができない場合がある。本明細書ではかかる状態に対しては単に「運転開始」という用語を用いるものとする。

【0016】先に説明した通り、電動機目標回転数は、電動機のトルクの設定に用いられるエンジンの目標回転

数である。従って、電動機目標回転数がエンジン目標回転数よりも有意に低い場合は、電動機から出力された動力がエンジンに伝達される直前の状態で判定するものとする。例えば、電動機が変速機を介してエンジンに結合されている場合には、変速機を経てエンジンに伝達される直前の回転数を電動機目標回転数とする。本発明は、このように変速機を介して電動機がエンジンに結合されている場合など、電動機自体の回転数はエンジン回転数よりも有意に低くはなっていない場合も含んでいる。

【0017】なお、有意に低い回転数の範囲は、上述の制御に基づき電動機のトルクの変動を検出可能な程度の範囲である。電動機目標回転数をエンジン回転数よりも極端に低くすれば、エンジンが自立運転を開始した後に電動機によりかけられる負荷が大きくなる。この負荷によってエンジンの回転が阻害され、運転が停止する可能性もある。また、電動機目標回転数がエンジンの点火を行う回転数よりも低い場合には、エンジンの回転数を十分に上昇させることができず、運転を開始することができない。本発明における「エンジンの運転を阻害しない範囲」とは、このようにエンジンの運転開始および継続の障害とならない範囲を意味する。

【0018】一方、電動機目標回転数をエンジン回転数とほぼ同等の値にした場合には、エンジンから出力される動力、および電動機のトルクの変動が生じない可能性がある。回転数の変動に基づいてエンジンの運転を制御する際には、エンジンの運転状態が頻繁に変動することを回避するため、所定の不感帯を設けるのが通常である。電動機目標回転数は少なくともこの不感帯を外れる範囲で設定することが望ましい。

【0019】なお、本発明において電動機目標回転数を設定する基準となるエンジン回転数はエンジン制御手段によるエンジンの制御態様に依りて異なる。例えば、エンジンが所定の回転数で回転するように制御されている場合には、その回転数をエンジン回転数とすればよい。

【0020】一方、回転数およびトルクを所定の値に制御するのではなく、要求された動力をエンジンから出力するようにエンジンの制御が行われる場合を考える。かかる場合には、エンジン制御手段によって実現される回転数はエンジンにかけられる負荷に応じて変動する。電動機によって負荷をかけることによってエンジンを所望の回転数で回転させるように制御するのが通常である。従って、エンジン制御手段により実現されるエンジン回転数としては、電動機による負荷がない場合に実現される回転数をいうものとする。エンジン制御手段により実現される回転数が、エンジンに負荷をかける電動機以外の要素によって変動し得る場合には、かかる変動の範囲も考慮して電動機目標回転数を設定することが望ましい。

【0021】上述の通り、本発明において、自立運転時の要求動力は種々の値に設定可能である。また、エンジ

ンの制御も種々の方法が適用可能である。このように本発明は種々の態様で構成可能であるが、特に、前記動力設定手段は、前記要求動力を値0に設定する手段であり、前記エンジン制御手段は、所定のエンジン回転数で前記エンジンを回転させる手段であるものとするのが好ましい。

【0022】一般に自立運転時の要求動力が高い程、エンジン回転数は高く、出力トルクも大きくなる。エンジンには複数の燃焼部が設けられていることが通常であり、始動時には運転の開始にバラツキが生じることが多い。つまり、一部の燃焼部では自立運転開始可能な状態に至った後でも他の燃焼部は自立運転に至っていない場合もある。かかるバラツキは始動時における振動の原因となる。自立運転時の要求動力が小さければ、それぞれの燃焼部で出力される動力が小さくなるから、上記バラツキによる影響も小さくなる。従って、上述の通り、要求動力を値0とすれば、始動時の振動を十分低減することができる。

【0023】また、要求動力に応じて、始動時の燃料消費量も変動する。始動時には自立運転開始後に対して有害ガス、いわゆるエミッションが多いのが通常である。エミッションの量は要求動力に応じて変動する。従って、上述の通り、要求動力を値0とすれば、始動時の燃料消費量およびエミッションを抑制することができる。

【0024】一方、値0の要求動力に応じた運転状態には、エンジンの停止と、いわゆるアイドル状態での運転が含まれる。エンジンの始動を適切に実行するためには、エンジン制御手段がアイドル状態での回転数でエンジンを運転する制御を実行することが望ましいことは説明するまでもない。

【0025】上述の態様で本発明を構成した場合の作用について詳述する。エンジンの運転が開始された後、エンジン制御手段はアイドル回転数に相当する回転数でエンジンを運転する。一方、電動機制御手段はエンジンの回転数が電動機目標回転数まで低下するようにエンジンに負荷をかける。エンジン制御手段はこの負荷に抵抗してアイドル回転数を維持するように燃料噴射量等を増大する。この結果、電動機は負のトルクを出力し続け、エンジンから出力される動力は増大する。目標回転数を異にする2つの制御手段によりエンジン回転数を制御するため、エンジンが自立運転を開始した後は、両者の相互作用によって電動機のトルクが負になるのである。従って、上記態様で始動制御装置を構成すれば、エンジンの完爆を適切に判定することができる。

【0026】要求動力を値0とする場合においては、前記エンジンの温度を検出する温度検出手段を備え、前記動力設定手段は、該温度が前記エンジンの点火の容易性に応じて定まる所定値以下の場合には、前記要求動力を正の所定値とする手段であるものとするのが好ましい。

【0027】一般にエンジンは気化した燃料に点火して動力を得るものである。エンジンの温度が非常に低い場合には、燃料が気化しにくく点火しにくいのが通常である。上記始動制御装置によれば、エンジンの温度が所定値以下の場合には、要求動力を正の値とする。要求動力が大きくなれば、燃料の噴射量が増大するため、燃焼が促進され始動しやすくなる。従って、上記始動制御装置によれば、低温下にある場合にエンジンを適切に始動することができる。なお、かかる場合の要求動力は予め定めた一定の値としてもよいし、エンジンの温度に応じた値としてもよい。

【0028】本発明の始動制御装置は、エンジンの始動を実行する必要がある種々の装置に適用可能である。もちろん、エンジンのみを動力源とする種々の動力出力装置に適用することも可能である。かかる場合には、動力出力装置の運転中にエンジンの始動・停止が繰り返し実行されるか否かに関わらず、エンジンの始動を適切に行うことができる利点がある。また、始動時における燃料消費量およびエミッションの低減という利点もある。

【0029】このように本発明は、エンジンのみを動力源とする動力出力装置に適用可能なものであるが、特にエンジンと電動機とを動力源とするハイブリッド式の動力出力装置に適用することが好ましい。ハイブリッド式の動力出力装置は、運転中にエンジンの始動・停止が繰り返し実行されるからである。中でも、次に示す通り、本発明の始動制御装置を適用し、ハイブリッド車両として発明を構成することが好ましい。

【0030】本発明のハイブリッド車両は、エンジンと第1の電動機とを動力の供給源として搭載し、該エンジンに結合された第2の電動機によって該エンジンの始動および停止を制御しながら走行するハイブリッド車両であって、該エンジンの始動要求に応じて、前記第2の電動機を制御して該エンジンを回転させるとともに、前記エンジンへの燃料の供給および点火を行うエンジン点火制御手段と、該エンジンの自立運転時の要求動力を設定する動力設定手段と、前記要求動力に応じた運転状態で前記エンジンを運転するエンジン制御手段と、前記エンジンの運転を阻害しない範囲で、前記エンジン制御手段によって実現されるエンジン回転数よりも有意に低い電動機目標回転数で前記第2の電動機を回転させる電動機制御手段と、該第2の電動機のトルクに基づいて前記エンジンが自立運転を開始したか否かを判定する自立運転判定手段とを備えることを要旨とする。

【0031】かかるハイブリッド車両によれば、先に始動制御装置で説明したのと同様の作用により、エンジンを適切に始動することができる。ハイブリッド車両は、電動機の動力源のみによって走行することが可能であるため、走行中にエンジンの始動および停止が繰り返し実行される。本発明のハイブリッド車両によれば、このように繰り返し実行されるエンジンの始動を適切に行うこ

とができるため、安定した運転を実現することができる。とともに、燃費の向上、エミッションの低減を図ることができる。

【0032】なお、本発明のハイブリッド車両は、シリーズハイブリッド車両およびパラレルハイブリッド車両のいずれの構成でもよい。上述の第1の電動機と第2の電動機とを異なる電動機とし、エンジンと駆動軸とは結合されていない構成を適用すれば、シリーズハイブリッド車両となる。また、第1の電動機と第2の電動機とを異なる電動機とし、エンジンと駆動軸とを結合すれば、電動機を2つ備えたパラレルハイブリッド車両となる。さらに、第1の電動機と第2の電動機とを共通の電動機とすれば、電動機を1つ備えたパラレルハイブリッド車両となる。本発明はいずれの構成を採用するものとしても構わない。

【0033】本発明のハイブリッド車両においては、先に説明した始動制御装置と同様、前記動力設定手段は、前記要求動力を値0に設定する手段であり、前記エンジン制御手段は、所定のエンジン回転数で前記エンジンを回転させる手段であるものとするのが望ましい。このように要求動力を設定すれば、先に始動制御装置で説明した通り、エンジン始動時の振動、燃料消費量、エミッションを抑制することができる。特に振動の抑制は、ハイブリッド車両の乗り心地を大きく向上する点で好ましい。

【0034】また、要求動力を値0とする場合には、前記エンジンの温度を検出する温度検出手段を備え、前記動力設定手段は、該温度が前記エンジンの点火の容易性に応じて定まる所定値以下の場合には、前記要求動力を正の所定値とする手段であるものとするのも好ましい。こうすれば、低温下でエンジンの始動を適切に行うことが可能となる。

【0035】要求動力を値0とする場合には、加えて、前記車両が停車中であるか否かを判定する停車判定手段を備え、前記動力設定手段は、前記車両が停車中でない場合には、前記要求動力を正の所定値とする手段であるものとするのも好ましい。

【0036】かかるハイブリッド車両によれば、停車中には要求動力を値0とし、走行中には正の所定値とする。走行中にエンジンを始動する場合は、エンジンを利用して走行することが要求されているのが通常である。かかる状況下での走行を続ければバッテリーの電力が消費される。従って、走行中にエンジンの始動が要求された場合には、エンジンから速やかに動力を出力することが望ましい。上記ハイブリッド車両によれば、エンジンの要求動力を正の所定値として始動するため、速やかに動力を出力することができる。従って、バッテリーの電力消費を抑制することができる。とともに、車両の応答性を向上することができる。

【0037】なお、走行中に始動する際の要求動力は、

予め設定した一定値としてもよいし、車両の走行状態、例えば車速やアクセルの踏み込み量などに応じて定まる値としてもよい。後者の場合には、要求動力を連続的に変化させるものとしてもよいし、段階的に変化させるものとしてもよい。

【0038】また、低温時において要求動力を正の所定値にするものを種々の態様で組み合わせて適用してもよい。例えば、エンジンが所定以上の温度であり、停車中の場合にのみ要求動力を値0とし、その他の場合には正の所定値としてもよい。また、停車中またはエンジンが所定以上の温度のいずれか一方の条件を満足するときに要求動力を値0とし、その他の場合には正の所定値としてもよい。その他種々の態様で組み合わせて適用することが可能である。

【0039】本発明は、以下に示すエンジンの制御方法として構成することもできる。即ち、本発明の制御方法は、エンジンに結合された電動機の動力によって該エンジンを回転させるとともに、燃料の供給および点火を行って該エンジンを自立運転させる制御方法であって、

(a) 該エンジンの自立運転時の要求動力を設定する工程と、(b) 前記要求動力に応じた運転状態で前記エンジンを運転する工程と、(c) 前記エンジンの運転を阻害しない範囲で、前記エンジン制御手段によって実現されるエンジン回転数よりも有意に低い電動機目標回転数で前記電動機を回転させる工程と、(d) 該電動機のトルクに基づいて前記エンジンが自立運転を開始したか否かを判定する工程とを備える制御方法である。

【0040】かかる制御方法によれば、先に始動制御装置として説明したのと同様の作用により、エンジンを安定して適切に始動することができる。なお、先に始動制御装置において説明した種々の付加的な要素を上記制御方法に適用することが可能であることはいうまでもない。また、エンジンの制御方法としての発明を、ハイブリッド車両の制御方法の発明として構成することも可能である。

#### 【0041】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を実施例に基づいて説明する。

(1) 実施例の構成：はじめに、本発明の実施例としてのハイブリッド車両の構成を説明する。図1はこのハイブリッド車両の動力を出力する動力システムの構成を示す説明図である。動力システムに備えられたエンジン150は通常のガソリンエンジンであり、クランクシャフト156を回転させる。本実施例のエンジン150は吸気弁および排気弁の開閉タイミングを調整することができる機構（以下、VVT機構と呼ぶ）を備えている。VVT機構の構成については、周知であるため詳細な説明を省略する。

【0042】エンジン150の運転およびVVT機構はE F I E C U 170により制御されている。E F I E C

U170は内部にCPU、ROM、RAM等を有するワンチップ・マイクロコンピュータであり、CPUがROMに記録されたプログラムに従い、エンジン150の燃料噴射量その他の制御を実行する。

【0043】動力系統には、他にモータMG1、MG2が備えられている。モータMG1、MG2は、同期電動機であり、外周面に複数の永久磁石を有するロータ132、142と、回転磁界を形成する三相コイル131、141が巻回されたステータ133、143とを備える。ステータ133、143はケース119に固定されている。モータMG1、MG2のステータ133、143に巻回された三相コイル131、141は、それぞれ駆動回路191、192を介してバッテリー194に接続されている。駆動回路191、192は、各相ごとにスイッチング素子としてのトランジスタを2つ1組で備えたトランジスタインバータである。駆動回路191、192は制御ユニット190に接続されている。制御ユニット190からの制御信号によって駆動回路191、192のトランジスタがスイッチングされるとバッテリー194とモータMG1、MG2との間に電流が流れる。モータMG1、MG2はバッテリー194からの電力の供給を受けて回転駆動する電動機として動作することもできるし（以下、この走行状態を力行と呼ぶ）、ロータ132、142が外力により回転している場合には三相コイル131、141の両端に起電力を生じさせる発電機として機能してバッテリー194を充電することもできる（以下、この走行状態を回生と呼ぶ）。

【0044】エンジン150とモータMG1、MG2はそれぞれプラネタリギヤ120を介して機械的に結合されている。プラネタリギヤ120は、サンギヤ121、リングギヤ122、プラネタリピニオンギヤ123を有するプラネタリキャリア124から構成されている。サンギヤ121は中央で回転する。プラネタリピニオンギヤ123はサンギヤ121の周囲を自転しながら公転する。リングギヤ122はプラネタリピニオンギヤ123の周囲で回転する。エンジン150のクランクシャフト156はダンパ130を介してプラネタリキャリア軸127に結合されている。ダンパ130はクランクシャフト156に生じる捻り振動を吸収するためのものである。モータMG1のロータ132は、サンギヤ軸125

$$\begin{aligned} N_r &= (1+\rho) N_c - \rho N_s; \\ N_c &= (N_r + \rho N_s) / (1+\rho); \\ N_s &= (N_c - N_r) / \rho + N_c; \\ T_s &= \rho / (1+\rho) \times T_c; \\ T_r &= 1 / (1+\rho) \times T_c \end{aligned}$$

【0049】ここで、 $N_s$ 、 $T_s$ はサンギヤ軸125の回転数およびトルク、 $N_r$ 、 $T_r$ はリングギヤ軸126の回転数およびトルク、 $N_c$ 、 $T_c$ はプラネタリキャリア軸127の回転数およびトルクである。また、 $\rho$ は次式で表される通り、サンギヤ121とリングギヤ122

に結合されている。モータMG2のロータ142は、リングギヤ軸126に結合されている。リングギヤ122の回転は、チェーンベルト129を介して駆動軸112および車輪116R、116Lに伝達される。

【0045】実施例のハイブリッド車両の運転全体は制御ユニット190により制御されている。制御ユニット190は、EFI ECU170と同様、内部にCPU、ROM、RAM等を有するワンチップ・マイクロコンピュータである。制御ユニット190はEFI ECU170と接続されており、両者は種々の情報を通信し合うことが可能である。例えば、EFI ECU170はエンジン水温を水温センサ154により検出している。従って、制御ユニット190は通信によりエンジン水温を取得することができる。逆に、制御ユニット190は、エンジン150の制御に必要なトルク指令値や回転数の指令値などの情報をEFI ECU170に送信することにより、エンジン150の運転を間接的に制御することができる。また、駆動回路191、192のスイッチングを制御することにより、モータMG1、MG2の運転を直接制御することができる。

【0046】かかる制御を実現するために制御ユニット190には、種々のセンサ、例えば、運転者によるアクセルの踏み込み量を検出するためのアクセルペダルポジションセンサ165、および駆動軸112の回転数を知るための回転数センサ144などが設けられている。リングギヤ軸126と駆動軸112は機械的に結合されているため、本実施例では、駆動軸112の回転数を知るための回転数センサ144をリングギヤ軸126に設け、モータMG2の回転を制御するためのセンサと共通にしている。

【0047】（2）基本的動作：かかるハイブリッド車両の基本的な動作を説明するために、まずプラネタリギヤ120の動作について説明する。プラネタリギヤ120は、上述した3つの回転軸のうち、2つの回転軸の回転数およびトルク（以下、両者をまとめて回転状態とよぶ）が決定されると残余の回転軸の回転状態が決まるという性質を有している。各回転軸の回転状態の関係を次式（1）に示す。

【0048】

のギヤ比である。

$\rho$  = サンギヤ121の歯数 / リングギヤ122の歯数

【0050】本実施例のハイブリッド車両は、プラネタリギヤ120の作用に基づいて、種々の状態で走行することができる。例えば、ハイブリッド車両が走行を始め



た比較的低速な状態では、エンジン150を停止したまま、モータMG2を力行することにより駆動軸112に動力を伝達して走行する。同様にエンジン150をアイドル運転したまま走行することもある。

【0051】ハイブリッド車両が所定の速度に達すると、制御ユニット190はモータMG1を力行し、そのトルクによってエンジン150をクランキングして始動する。このとき、モータMG1の反力トルクがプラネタリギヤ120を介してリングギヤ122にも出力される。制御ユニット190はこの反力トルクを相殺しつつ要求動力を駆動軸112から出力するようにモータMG2の運転を制御する。エンジンを始動するための制御については後に詳述する。

【0052】エンジン150が運転している状態では、その動力を種々の回転数およびトルクの回転状態に変換して駆動軸112から出力し、走行する。エンジン150を運転してプラネタリキャリア軸127を回転させると、上式(1)を満足する条件下で、サンギヤ軸125およびリングギヤ軸126が回転する。リングギヤ軸126の回転による動力はそのまま車輪116R、116Lに伝達される。サンギヤ軸125の回転による動力はモータMG1で電力として回生することができる。一方、モータMG2を力行すれば、リングギヤ軸126を介して車輪116R、116Lに動力を出力することができる。エンジン150からリングギヤ軸126に伝達されるトルクが不足する場合にはモータMG2を力行することによりトルクをアシストする。モータMG2を力行するための電力にはモータMG1で回生した電力およびバッテリー149に蓄えられた電力を用いる。制御ユニット190は駆動軸112から出力すべき要求動力に応じてモータMG1、MG2の運転を制御する。

【0053】プラネタリギヤ120は、リングギヤ122が停止した状態で、プラネタリキャリア124およびサンギヤ121を回転させることが可能である。従って、車両が停止した状態でもエンジン150は運転可能である。例えば、バッテリー194の残容量が少なくなれば、エンジン150を始動し、モータMG1を回生運転することにより、バッテリー194を充電する。車両が停止しているときでもモータMG1を力行すれば、そのトルクによってエンジン150をクランキングし、始動することができる。このとき、制御ユニット190はモータMG2を制御して、モータMG1の反力トルクを相殺する。

【0054】(3) 始動制御処理：次に、本実施例における始動制御処理について説明する。始動制御処理とは、エンジン150をモータMG1でクランキングすると共に燃料の噴射、点火を行って自立運転を開始するための処理をいう。始動制御処理は、制御ユニット190内のCPU(以下、単にCPUという)により、種々の制御処理と併せて、所定時間毎に繰り返し実行される。

始動制御処理は、先に説明した通り、第1にハイブリッド車両の車速およびトルクが、モータMG2のみを動力源とするEV走行からエンジンの動力を利用する通常走行状態に移行する速度に達した場合に実行される。第2にエンジン150が停止している場合において、バッテリー194の残容量が低下し、充電が必要と判断されたときに実行される。第2の条件による始動は停車中か走行中かに関わらず行われる。

【0055】始動制御処理ルーチンが開始されると、CPUはエンジン150のVVT機構を制御して、まず吸気弁閉じ角を最遅角に設定する(ステップS100)。この設定について説明する。図3は、VVT機構による吸気弁および排気弁の開閉タイミングを示す説明図である。エンジン150はシリンダ内でピストンが上下運動しており、これに伴って図中の時計回りの方向にエンジン150のクランクシャフトが回転する。

【0056】吸気弁の開閉タイミングを白抜きの矢印で示し、排気弁の開閉タイミングを塗りつぶしの矢印で図示した。図示する通り、排気弁は、ピストンの下死点よりクランクシャフトがやや手前の回転位置にある時点で開き、上死点をやや越えた時点で閉じる。このタイミングは固定である。一方、吸気弁は、例えばタイミングAにおいては上死点より手前で開き、下死点をやや越えた時点で閉じる。吸気弁が開いてから上死点をやや越える時点までは、吸気弁と排気弁の双方が開いている。VVT機構により開閉タイミングを変更すると、吸気弁の開閉タイミングのみが例えばタイミングBのごとく変化する。このとき、吸気弁は、タイミングAよりも遅く、上死点をやや越えた時点で開き、その分下死点を大きく越えた時点で閉じるようになる。吸気弁の開閉タイミングは変更されるものの、開状態となっている期間はタイミングAとタイミングBとで同一である。

【0057】このように変化する吸気弁の開閉タイミングを図示した通り下死点から吸気弁が閉じるまでの角度、即ち吸気弁閉じ角を用いて表すものとする。吸気弁閉じ角を標準の値よりも大きく調整すると、吸気弁が閉じるのが遅くなる。かかる制御を遅角制御と呼ぶ。遅角制御すると、燃焼室に吸入された混合気を圧縮する行程が短くなるため、エンジン150を始動するためのクランキングを行う際の負荷が減る。本実施例では、ステップS100においてこの負荷を減らすため、吸気弁閉じ角を最遅角に制御している。

【0058】次に、CPUはエンジンの運転を制御する(ステップS200)。図4は、エンジン運転制御処理ルーチンのフローチャートである。この処理では、CPUはエンジン150が運転を開始しているか否かを判定する(ステップS202)。エンジン150が運転を開始していない状態、即ち燃料の供給および点火が行われていない状態の場合には、CPUはエンジン運転制御処理ルーチンを終了する。始動制御処理ルーチン(図2)

を最初に実行する際は、エンジンの運転が開始されていないため、CPUは何ら処理を実行しないことになる。

【0059】一方、エンジン150が運転を開始している場合、CPUは車両が停車中であるか否かを判定する（ステップS204）。この判定は、回転数センサ144の検出信号を利用して求められる車速に基づいて行うことができる。また、いわゆるシフトレバーのポジションが停車時に用いられるPポジションにあるか否かに基づいて判定することもできる。そして、以下に示す通り、車両の走行状態に応じてエンジン150の運転状態を設定し、運転の制御を実行する。

【0060】停車中でないと判定された場合には、エンジン150の要求動力として走行状態に応じた動力を設定する。このためにCPUはアクセルの踏み込み量および車速を入力する（ステップS212）。アクセルの踏み込み量は、アクセル開度センサ165により検出される。これらの諸量に基づいて車両の走行状態、即ち車速と要求トルクを検出することができる。CPUは車速および要求トルクの積から、走行に必要な動力を演算し、エンジン150の要求動力 $P_{e*}$ として設定する（ステップS214）。

【0061】次に、こうして設定された要求動力 $P_{e*}$ について徐変処理を行う（ステップS216）。徐変処理とは、要求動力 $P_{e*}$ の変動を抑制する処理である。エンジン150の要求動力 $P_{e*}$ が急激に変動することにより、車両の運転状態が不安定になる可能性を回避するための処理である。具体的には、従前の要求動力とステップS214で新たに設定された要求動力のそれぞれに所定の重み係数を乗じて和をとる処理、いわゆるなまし処理を行うことによって要求動力の変動を抑制している。ここでは、従前の要求動力から、なまし処理された結果値への変化率が所定の値以下になるように上限ガードする処理も同時に施している。

【0062】本実施例では、こうして設定された要求動力 $P_{e*}$ に対して更に上下限ガード処理を施す（ステップS218）。つまり、「 $0 \leq P_{e*} \leq P_{max}$ 」の範囲に入るように要求動力 $P_{e*}$ の値を修正するのである。例えば、要求動力 $P_{e*}$ が値0よりも小さい場合には、要求動力 $P_{e*}$ に値0が設定される。要求動力 $P_{e*}$ が値 $P_{max}$ よりも大きい場合には、要求動力 $P_{e*}$ に値 $P_{max}$ が設定される。値 $P_{max}$ は始動時においてエンジン150に看過しえない程の振動その他不安定な運転状態を生じない範囲で設定された要求動力の上限値である。

【0063】こうしてエンジン150の要求動力を設定すると、次にエンジン150の目標回転数 $N_{e*}$ を動作曲線に基づいて設定する（ステップS220）。図5は、動作曲線を示す説明図である。図中の曲線Bは、エンジン150が運転可能な回転数およびトルクの限界値を示している。 $\alpha 1\%$ 、 $\alpha 2\%$ 等で示される曲線は、そ

れぞれエンジン150の運転効率が一定となる等効率線であり、 $\alpha 1\%$ 、 $\alpha 2\%$ の順に効率が低くなっていくことを示している。図示する通り、エンジン150は比較的限定された運転ポイントで効率が高く、その周囲の運転ポイントでは徐々に効率が低下していく。

【0064】C1、C2、およびC3で示されている曲線は、エンジン150から出力される動力が一定の曲線である。A1、A2、A3はそれぞれ曲線C1、C2、C3の動力を出力する際に運転効率が最も高くなる点を示している。なお、C1～C3の曲線は、要求動力に応じて無数に引くことができる曲線であり、それぞれの要求動力に応じて運転効率の高いトルクおよび回転数を選択することができる。こうして選択された効率の高い無数の運転ポイントを描いた曲線が図中の曲線Aであり、これを動作曲線と呼ぶ。

【0065】エンジン運転ポイント設定処理のステップS220では、動作曲線上から運転効率の良い目標回転数 $N_{e*}$ が選択される。なお、図5にはエンジン150が運転可能な全領域を示した。図4のエンジン運転ポイント設定処理ルーチンはエンジン150始動時の処理であり、要求動力が比較的低い状態で実行される処理である。従って、図5に示した動作曲線上の比較的低回転数、低トルクの部分が使用される。

【0066】これと同時にCPUはアイドルフラグをオフにする（ステップS220）。アイドルフラグとは、エンジン150をアイドル運転する制御の実行を指示するためのフラグである。車両が走行中には要求動力 $P_{e*}$ を優先してエンジン150の運転を制御する。従って、かかる制御の実行を指示するため、アイドルフラグをオフにする。

【0067】こうして走行中における運転ポイントが設定されるとCPUはエンジン150の運転の制御を実行する（ステップS222）。エンジン150の運転を実際に制御するのはEFI ECU170である。従って、ここではCPUは要求動力 $P_{e*}$ をEFI ECU170に出力することにより間接的にエンジン150の運転を制御する。EFI ECU170は要求動力 $P_{e*}$ に応じて燃料噴射量やスロットル開度、点火時期、VVT機構による吸気弁閉じ角などを制御する。

【0068】なお、エンジン150の運転の制御のみでは要求動力 $P_{e*}$ と回転数 $N_{e*}$ の双方を制御することはできない。EFI ECU170は要求動力 $P_{e*}$ が出力されるようにエンジン150を制御するのみであり、回転数はエンジン150にかけられる負荷に応じて結果的に定まる。走行中にエンジン150を始動する場合、走行に必要な動力は既にモータMG2で出力されているから、エンジン150にはほとんど走行負荷はかかっていない。従って、ステップS222の制御のみが実行されれば、エンジン150は非常に高い回転数で回転することになる。本実施例では、後述する通り、モータMG

1がエンジン150に負荷を与えることでステップS220で設定された目標回転数 $Ne^*$ を実現するのである。

【0069】ステップS202において、停車中であると判定された場合には、CPUはエンジン150をいわゆるアイドル状態で運転するための制御を実行する。CPUは水温センサ154により検出されたエンジン150の水温を入力する(ステップS232)。CPUはこの水温に基づいてエンジン150の要求動力を設定する(ステップS234)。停車中における要求動力は水温に応じたマップとして予め設定されている。図6は、要求動力 $Pe^*$ を与えるマップを示す説明図である。図示する通り、エンジン水温が所定の温度 $t_{mp2}$ よりも低い場合には要求動力は所定の正の値 $p_{tmp}$ に設定される。エンジン水温が温度 $t_{mp1}$ 以上の範囲では要求動力は値0に設定される。温度 $t_{mp2} \sim t_{mp1}$ の間では、エンジン水温に応じて要求動力は徐々に変化する。

【0070】一般にエンジン水温が低い場合には、燃料が気化しづらくエンジン150を始動しにくい。かかる場合に要求動力を正の所定値とすれば、エンジン150の吸気量および燃料噴射量が増え、エンジン150の始動が容易になる。本実施例ではかかる観点から、エンジン150の始動が困難な程に水温が低い場合(図6の $t_{mp1}$ 以下の状態)には、要求動力を $p_{tmp}$ としているのである。本実施例では、温度 $t_{mp1}$ を $-10^{\circ}\text{C}$ 、 $t_{mp2}$ を $-20^{\circ}\text{C}$ とし、 $p_{tmp}$ を $4\text{kw}$ としている。これらのパラメータは、搭載するエンジンの種類に応じてそれぞれ適切な値を選択すればよい。

【0071】次に、CPUはエンジン150の目標回転数 $Ne^*$ を設定する(ステップS236)。目標回転数 $Ne^*$ は要求動力と同様、エンジン水温のマップとして予め設定されている。図7は目標回転数 $Ne^*$ を与えるマップの例である。図示する通り、エンジン水温が所定の値 $t_{mp3}$ 以下では、目標回転数 $Ne^*$ は値 $Nt1$ に設定される。エンジン水温が $t_{mp3}$ を超えると、徐々に目標回転数 $Ne^*$ は低減し、温度 $t_{mp4}$ 以上では目標回転数 $Ne^*$ は値 $Nt2$ となる。エンジン水温が比較的低い場合には、エンジン150の暖機を促進するためやや高い回転数を目標回転数として設定するのである。本実施例では値 $Nt1$ を $1300\text{rpm}$ 、値 $Nt2$ を $1000\text{rpm}$ に設定している。これらの値は搭載するエンジンの種類に応じてそれぞれ適切な値を選択すればよい。

【0072】これと同時にCPUはアイドルフラグをオンにする(ステップS236)。エンジン150をアイドル運転する場合には、先にステップS222で説明した制御とは異なり、EFIECU170は目標回転数で回転するようにエンジン150の運転を制御する。CPUはかかる制御の実行を指示するために、アイドルフラグをオンにするのである。

【0073】こうして目標回転数が設定されると、CPUはエンジン150を該回転数でアイドル運転する制御を実行する(ステップS238)。既に説明した通り、CPUはEFIECU170に対して必要な情報を送信することにより、間接的にエンジン150の運転を制御する。ここでは、アイドルフラグがオンになっているため、EFIECU170は、エンジン150の回転数に応じて燃料噴射量、スロットル開度、VVT機構による吸気弁閉じ角等を制御する。CPUからは、かかる制御の実行を指示するフラグ、および目標回転数 $Ne^*$ がEFIECU170に出力される。こうして、それぞれ車両の走行状態に応じてエンジン150の運転の制御を実行すると、CPUはエンジン運転制御処理ルーチンを終了して、始動制御処理ルーチン(図2)に戻る。

【0074】始動制御処理ルーチンでは、次にモータMG1の運転の制御を実行する(ステップS300)。図8は、MG1トルク $T1$ の設定処理ルーチンのフローチャートである。この処理が開始されるとCPUはエンジン150の回転数が点火を行うか否かの判断基準となる所定の回転数 $Netag$ (以下、点火回転数と呼ぶ)よりも大きいかな否かを判断する(ステップS302)。EFIECU170はエンジン150の回転数 $Ne$ に基づいて点火時期の制御を実行している。従って、エンジン150の回転数 $Ne$ はEFIECU170との通信で検出することができる。所定の回転数 $Netag$ はエンジンの種類に応じて点火に適した回転数を設定すればよい。本実施例では、始動に伴う回転数の大きな変動を回避するため、 $Netag$ の値をアイドル回転数とほぼ同等の値、 $1000\text{rpm}$ に設定している。

【0075】回転数 $Ne$ が $Netag$ 以下の場合にはモータMG1のトルク $T1$ を所定の変化率で徐々に増やす制御(以下、ランプ制御と呼ぶ)を実行する。このため、CPUはモータMG1のトルク $T1$ を所定の増分 $\Delta T$ だけ増加する(ステップS310)。併せて、所定の最大値 $Tmax$ を超えないよう、トルク $T1$ に対して上限ガード処理を実行する(ステップS312)。

【0076】エンジン150の回転数が比較的低い場合には、慣性の影響によりモータMG1から大きなトルクを出力してもエンジン150の回転数の上昇につながらない。かかる状態でモータMG1の要求トルクを大きな値に設定することは電力を無駄に消費することにつながる。本実施例では、かかる観点から回転数 $Ne$ が $Netag$ 以下の場合にはモータMG1をランプ制御するものとしている。

【0077】一方、エンジン150の回転数 $Ne$ が $Netag$ よりも大きい場合には、CPUはモータMG1のトルクをフィードバック制御する。このフィードバック制御は、エンジン150の回転数 $Ne$ が所定の目標回転数 $N1^*$ に一致するようになされる。但し、目標回転数 $N1^*$ は車両の走行状態により異なる値を適用する。C



PUは車両が停車中であるか否かを判定し（ステップS320）、停車中でない場合には目標回転数 $N1^*$ に値 $Ne^*$ を代入する（ステップS322）。この値はエンジン運転制御処理（図4）のステップS220で設定された値である。車両が停車中の場合には、目標回転数 $N1^*$ として値 $Ne^*$ から所定の値 $\alpha$ を減じた値を設定する（ステップS324）。本実施例では、後述する通り、所定の値 $\alpha$ を30～50rpm程度に設定している。

【0078】先に説明した通り、車両の走行中においては、モータMG1でエンジン150に負荷を与えないと、エンジン150は非常に高い回転数で運転されることになる。目標回転数 $N1^*$ および $Ne^*$ はエンジン150の制御によって実現される回転数よりも低い値である。一方、停車中においては、エンジン150が目標回転数 $Ne^*$ で運転するように制御される。ステップS322で説明した通り、値 $Ne^*$ から所定の値 $\alpha$ を減じた値に設定することにより、目標回転数 $N1^*$ はエンジン150の制御によって実現される回転数よりも低い値となる。このように本実施例では、モータMG1のトルクの算出に用いる目標回転数 $N1^*$ を、車両の走行状態に関わらず、エンジン150の制御によって実現される回転数よりも低い値に設定している。

【0079】次に、CPUは、こうして設定された目標回転数 $N1^*$ とエンジン150の回転数 $Ne$ との偏差 $\Delta nc$ に基づいて、以下の式によりモータMG1のトルク $T1$ を設定する（ステップS326）。

$$T1 = k1 \cdot \Delta nc + k2 \cdot \Sigma (\Delta nc)$$

$$\Delta nc = N1^* - Ne$$

【0080】上式は、いわゆるPI制御によりモータMG1のトルクを設定するための式である。回転数の偏差 $\Delta nc$ の比例項（右辺第1項）と積分項（右辺第2項）によりトルク $T1$ が設定される。 $k1$ 、 $k2$ はそれぞれゲインとして予め実験または解析により設定された一定の係数である。エンジン150の回転数 $Ne$ が目標回転数 $N1^*$ よりも高い場合にはモータMG1のトルク $T1$ は負の値となり、低い場合には正の値となる。PI制御は周知の技術であるため、これ以上の詳細な説明を省略する。こうして設定されたトルク $T1$ に対してCPUは徐変処理を実行する（ステップS328）。モータ $T1$ のトルクが急変し、運転状態が不安定になることを回避するためである。

【0081】以上の処理によりMG1のトルク $T1$ が設定されると、CPUはモータMG1の運転の制御を行う（ステップS330）。CPUはトルク $T1$ に応じてモータMG1の三相コイルに印加すべき電圧を設定する。この電圧値がモータMG1の回転数に応じた位相で三相コイルに印加されるよう、駆動回路191を構成する各トランジスタのオン・オフをPWM制御する。モータMG1のトルクが負の場合、即ちモータMG1を回生運転

する場合も同様である。同期電動機のPWM制御は周知の技術であるため、詳細な説明は省略する。

【0082】モータMG1の制御と並行して、CPUは目標トルク $T1$ が負になってからの経過時間の計測を行う（ステップS332）。これは連続して負になっている時間の計測である。従って、目標トルク $T1$ が負の値になった後、再び正の値に変動すれば、経過時間は値0に初期化される。以上の処理を実行すると、CPUはモータMG1制御処理ルーチンを終了し、始動制御処理ルーチン（図2）に戻る。

【0083】その後、CPUはモータMG2の運転を制御する処理を実行する（ステップS400）。モータMG2はMG1のトルクによる反力を相殺しつつ、必要な動力を駆動軸112に出力するように制御される。モータMG1からトルク $T1$ が出力されると、先に示した式（1）により、その反力がリングギヤ122に出力される。停車中には、この反力を相殺するトルクがモータMG2の目標トルクとして設定される。なお、車両が走行している場合には、反力を相殺するトルクに対して走行に必要なトルクを加えた値がモータMG2の目標トルクとして設定される。CPUはこうして設定された目標トルクに応じた電圧がモータMG2の三相コイルに印加されるように、駆動回路192を構成する各トランジスタのオン・オフをPWM制御する。

【0084】以上の処理によりエンジン150の回転数は時々刻々変動する。始動制御処理ルーチンが開始された当初、エンジン150の回転数が低い場合には、モータMG1のトルクをランプ制御することによりエンジン150の回転数が徐々に上昇する。CPUはこうして変動するエンジン150の回転数 $Ne$ が点火回転数 $Netag$ 以上であるか否かを判定し（ステップS500）、点火回転数 $Netag$ 以上になった場合には、エンジン150への燃料噴射および点火処理を実行する（ステップS600）。既に説明した通り、かかる処理を実行してエンジン150の運転を開始する指示をEFI ECU170に出力するのである。もちろん、既にエンジン150の運転が既に開始されている場合には、この処理は行わない。また、エンジン150の回転数 $Ne$ が点火回転数 $Netag$ よりも低い場合にもこの処理は行わない。

【0085】次に、CPUはエンジン150の完爆判定として、モータMG1のトルク $T1$ が負になってからの経過期間が所定の値 $Ts$ を超えたか否かを判定する（ステップS700）。完爆判定とは、エンジン150が自立運転を開始したか否かの判定をいう。エンジン150が自立運転を開始すると、エンジン150の運転がエンジン運転制御処理（ステップS200）により制御される。この結果、エンジン150はモータMG1のトルク算出の基準となる目標回転数 $N1^*$ よりも高い回転数で回転するよう制御される。

【0086】その一方で、モータMG1はエンジン150の回転数を目標回転数 $N1^*$ に低減させるよう負のトルクを出力するようになる。エンジン150が自立運転していない状態では、エンジン150は、モータMG1が負荷をかけた状態で $N1^*$ 以上の回転数を維持することができない。従って、モータMG1のトルク $T1$ が負になる期間が所定値 $cs$ を超えたか否かにより完爆判定を行うことができる。所定値 $cs$ を超えた場合には、エンジン150が自立運転を開始したと判定してCPUは始動制御処理ルーチンを終了する。所定値 $cs$ 以下の場合には、エンジン150が自立運転を行っていないと判定して、CPUはステップS200～S600までの処理を繰り返し実行する。所定値 $cs$ は、始動時のエンジン回転数、モータMG1のトルク等の変化に基づいて、以下に示す通り実験的または解析的に予め設定することができる。

【0087】本実施例の始動制御処理に伴うエンジン回転数、モータMG1のトルク等の変化の様子を示す。図9は、車両の走行中に始動制御処理が実行された場合のエンジン回転数等の変動を示す説明図である。図示する通り、時刻 $t1$ においてエンジン150の始動制御が開始されると、モータMG1のトルクは一定の変化率で最大トルク $Tmax$ まで上昇する（図8のステップS310、S312参照）。エンジン150の回転数はモータMG1のトルクによって徐々に増加する。

【0088】こうして時刻 $t2$ においてエンジン150の回転数が所定の点火回転数 $Netag$ に達すると、エンジン150への燃料の供給および点火が行われる。点火回転数 $Netag$ に達した後は、モータMG1のトルクはPI制御により設定される（図8のステップS320～S328参照）。車両の走行中はエンジン150の目標回転数 $Ne^*$ と現実の回転数 $Ne$ との偏差に基づいて設定される。時刻 $t2 \sim t3$ の間では、エンジンの回転数は目標回転数 $Ne^*$ よりも低いため、モータMG1のトルクは正の値となる。

【0089】時刻 $t3$ において、エンジン150の回転数が目標回転数 $Ne^*$ に至ると、モータMG1のトルクは負に転じる。この場合、エンジン150が自立運転を開始していなければ図中の破線で示すように、エンジン150の回転数は値 $Ne^*$ 以下に低下する。従って、モータMG1のトルクはすぐに再び正の値に戻ることになる。

【0090】一方、エンジン150が自立運転を開始していれば、エンジン150は動力 $Pe^*$ を出力するよう制御される。従って、エンジン150の回転数は増大する。モータMG1はエンジン150の回転数を値 $Ne^*$ に低減させるため、負のトルクを出力する。こうしてエンジン150の回転数が値 $Ne^*$ で安定するまで、しばらくの期間、モータMG1のトルクは負の値となる。

【0091】時刻 $t3$ においてモータMG1のトルクが

負に転じると、完爆判定カウンタが経過時間の計測を開始する。エンジン150が自立運転を開始していれば図示する通り、完爆判定カウンタは一定の割合で増加する。時刻 $t4$ になり、経過時間が所定の値 $cs$ を超えると、CPUはエンジン150が自立運転を開始したと判定して始動制御を終了する。

【0092】完爆判定の基準となる経過時間 $cs$ は、こうした回転数等の変動に基づいて、エンジン150が自立運転を開始したことを判定し得る適切な値を設定する。例えば、経過時間 $cs$ を小さい値に設定すれば、図9中の破線で示したようにエンジン150が自立運転を開始していない場合におけるモータMG1のトルク変動によって、エンジン150が自立運転を開始したものと誤判定する可能性がある。一方、値 $cs$ を大きい値に設定すれば、完爆判定に要する時間が長くなる。また、エンジン150の回転数が $Ne^*$ で安定するまでの制御の応答性によってはモータMG1のトルクがわずかの間、正に転じる可能性もあり、誤判定を招く可能性もある。本実施例では、これらの条件を考慮して経過時間 $cs$ を数秒に設定している。なお、経過時間 $cs$ をエンジン水温等に応じて変化させるものとしても構わない。

【0093】次に、停車中においてモータMG1のトルク $T1$ の設定に使用される目標回転数 $N1^*$ の設定について説明する。図10は、停車中に始動制御処理が実行された場合のエンジン回転数等の変動を示す説明図である。走行中と同様、時刻 $t11$ において始動制御が開始されると、モータMG1のトルク $T1$ は最大値 $Tmax$ まで上昇する。時刻 $t12$ においてエンジン150の回転数が値 $Netag$ に達すると燃料の供給および点火が行われ、エンジン150は運転を開始する。その後、モータMG1の運転はPI制御される（図8のステップS300～S328参照）。

【0094】時刻 $t12 \sim t13$ の間では、エンジン150の回転数はPI制御の目標回転数 $N1^*$ よりも低いため、モータMG1のトルクは正の値となる。エンジン150の回転数が目標回転数 $N1^*$ を超えるとモータMG1のトルクは負に転じる。ここでエンジン150が自立運転を開始していなければ、エンジン150の回転数はすぐに低下し、モータMG1のトルクは再び正の値となる。この点は走行中の変化（図9参照）と同様である。

【0095】一方、エンジン150が自立運転を開始している場合、停車中はエンジン150はアイドル運転するように制御される（図4参照）。エンジン150はアイドル回転数 $Ne^*$ で回転するように制御される。その一方で、モータMG1はアイドル回転数 $Ne^*$ よりも低い目標回転数 $N1^*$ でエンジン150を運転するように制御される。両制御の相互作用によってモータMG1のトルクは継続的に負の値となる。この結果、時刻 $t13$ 以降で完爆判定カウンタは一定の変化率で増加する。時

刻 $t_{14}$ において、経過時間が所定の値 $c_s$ を超えるとCPUはエンジン150が自立運転を開始したものと判定し始動制御処理を終了する。

【0096】EFIECU170が、エンジン150をアイドル運転するための制御は、エンジン150の運転状態が頻繁に変動することを回避するため、所定の不感帯を設けるのが通常である。即ち、アイドル運転の制御は、エンジン150の回転数がアイドル回転数 $Ne^*$ に対して所定の範囲に収まるように実行されるのが通常である。目標回転数 $N1^*$ がこの不感帯に入る程、アイドル回転数 $Ne^*$ と等しい場合には、エンジン150が自立運転を開始するとモータMG1のトルク $T1$ はほぼ値0となるため、完爆判定を適切に実行することができなくなる。

【0097】一方、目標回転数 $N1^*$ をアイドル回転数 $Ne^*$ よりも極端に低い値に設定すると、モータMG1の負荷によってエンジン150の運転が不安定になったり、停止したりする可能性もある。また、本実施例のようにプラネタリギヤ120を介してエンジン150とモータMG1等を結合した構成では、目標回転数 $N1^*$ を低い値にするとプラネタリギヤ120で歯打ち音が発生することも知られている。さらに、目標回転数 $N1^*$ を低い値に設定すると、エンジン150の回転が不安定になる結果、いわゆる捻り共振が発生することも知られている。本実施例では、これらの条件を考慮して、エンジン150の運転を妨げない範囲に目標回転数 $N1^*$ を設定しており、アイドル回転数 $Ne^*$ よりも30~50rpm程度低い値を目標回転数 $N1^*$ としている。つまり、図8のステップS324における値 $\alpha$ を30~50rpm程度としている。

【0098】以上で説明した本実施例のハイブリッド車両によれば、エンジン150の完爆判定を精度良く行うことができ、エンジン150を適切に始動することができる。従って、エンジン150の始動時における電力の消費を抑制することができる。また、エンジン150を速やかかつ確実に始動することができるため、走行中の車両の応答性を向上することができる。

【0099】また、本実施例のハイブリッド車両では、停車中にはエンジン150の要求動力を値0として始動することができる。この結果、始動時のエンジン150の振動を低減することができる。また、始動時の燃料消費量およびエミッションを抑制することができる。

【0100】本実施例のハイブリッド車両では、停車中にはモータMG1のトルクを設定するための目標回転数 $N1^*$ をエンジン150のアイドル回転数 $Ne^*$ よりも敢えて低い値とすることにより、モータMG1のトルクに基づく完爆判定を可能とした。この結果、要求動力を値0としてエンジン150を始動することが可能となり、上述の種々の効果を得ることができた。ハイブリッド車両は、燃料消費量およびエミッションに優れている

特性を有しており、上述の効果は、この特性を更に向上させるものである。

【0101】なお、本実施例のハイブリッド車両は、エンジン水温が低い場合には要求動力を正の値とする。従って、低温下にある場合にエンジンを適切に始動することができる。また、走行中には走行状態に応じた要求動力でエンジン150を始動する。従って、エンジン150の始動とともに、走行に必要な動力を速やかに出力することができ、バッテリーの電力消費を抑制することができる。また、車両の応答性を向上することができる。

【0102】本実施例では、プラネタリギヤ120を適用したハイブリッド車両を例示した。本発明はこれに関わらず種々の構成からなるハイブリッド車両に適用可能である。図11は変形例としてのハイブリッド車両の構成を示す説明図である。このハイブリッド車両では、プラネタリギヤ120およびモータMG1に代えて、クラッチモータCMを備える。クラッチモータとは、相対的に回転可能なインナロータ202およびアウトロータ204を備える対ロータ電動機である。図11に示す通り、インナロータ202はエンジン150のクランクシャフト156に結合され、アウトロータ204は駆動軸112に結合されている。アウトロータ204には、スリップリング206を介して電力が供給される。アウトロータ204側の軸にはモータMG2も結合されている。その他の構成は、本実施例のハイブリッド車両と同様である。

【0103】エンジン150から出力された動力は、クラッチモータCMを介して駆動軸112に伝達することができる。クラッチモータCMは、インナロータ202とアウトロータ204との間に電磁的な結合を介して動力を伝達する。この際、アウトロータ204の回転数がインナロータ202の回転数よりも低ければ、両者の滑りに応じた電力をクラッチモータCMで回生することができる。逆に、クラッチモータCMに電力を供給すれば、インナロータ202の回転数を増速して駆動軸112に出力することができる。エンジン150からクラッチモータCMを介して出力されたトルクが駆動軸112から出力すべき要求トルクと一致しない場合には、モータMG2で補償することができる。

【0104】また、クラッチモータを力行すれば、エンジン150をモータリングして始動することができる。モータリング時には、インナロータ202とアウトロータ204間での作用・反作用の原理に基づき、反力トルクが車軸側に出力される。この反力トルクはモータMG2で相殺することができる。本発明を第1のハイブリッド車両に適用すれば、かかる始動時にクラッチモータCMのトルクに基づいてエンジン150の完爆判定を行うことが可能である。

【0105】本発明は、このようにエンジン150の動力を駆動軸に直接出力可能なパラレルハイブリッド車両

の他、いわゆるシリーズハイブリッド車両に適用することも可能である。図12は、シリーズハイブリッド車両の構成を示す説明図である。シリーズハイブリッド車両では、エンジン150のクランクシャフトは発電機Gの回転軸に機械的に結合されている。エンジン150は駆動軸には結合されていない。エンジン150を運転することにより発電機Gで電力を発生することができる。発電された電力は、バッテリーに蓄電される。一方、駆動軸にはモータMが結合されている。モータMはバッテリーの電力により回転する。

【0106】シリーズハイブリッド車両では、バッテリーの充電量に応じてエンジン150を運転・停止する。バッテリーの電力が消費され、充電が必要になるとエンジン150を始動して充電を開始する。始動は発電機Gでエンジン150をクランキングして行われる。本発明にかかるシリーズハイブリッド車両に適用すれば、かかる始動時に発電機Gのトルクに基づいてエンジン150の完爆判定を行うことが可能となる。

【0107】その他、本発明は、ハイブリッド車両の他、エンジンのみを動力源とする通常の車両にも適用可能である。また、車両に関わらず、エンジンを動力源として搭載する種々の装置において、エンジンの運転を始動する始動制御装置に適用するものとしてもよい。

【0108】以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明はこうした実施の形態に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論である。例えば、上記実施例では、ソフトウェアにより種々の制御を実行しているが、これらをハードウェアによって実現するものとしても構わない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例としてのハイブリッド車両の概略構成を示す構成図である。

【図2】始動制御処理ルーチンのフローチャートである。

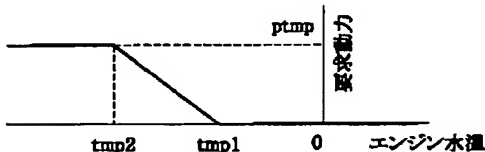
【図3】吸気弁閉じ角について示す説明図である。

【図4】エンジン運転制御処理ルーチンのフローチャートである。

【図5】動作曲線について示す説明図である。

【図6】エンジン水温と要求動力との関係を示す説明図である。

【図6】



【図7】エンジン水温と目標回転数との関係を示す説明図である。

【図8】MG1運転制御処理ルーチンのフローチャートである。

【図9】車両の走行中に始動制御処理が実行された場合のエンジン回転数等の変動を示す説明図である。

【図10】停車中に始動制御処理が実行された場合のエンジン回転数等の変動を示す説明図である。

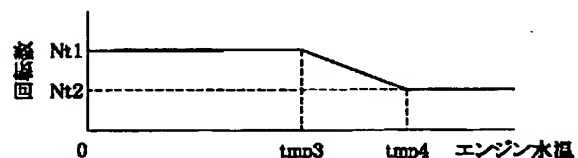
【図11】変形例としてのハイブリッド車両の構成を示す説明図である。

【図12】シリーズハイブリッド車両の構成を示す説明図である。

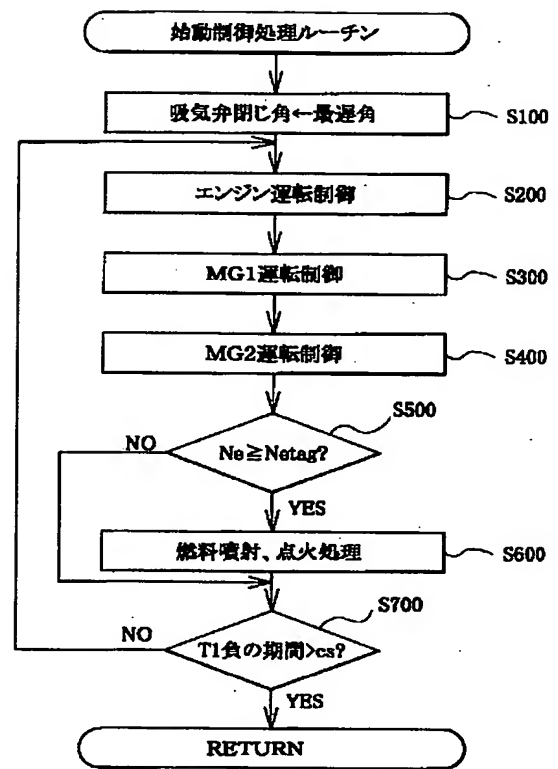
#### 【符号の説明】

- 112…駆動軸
- 116R, 116L…車輪
- 119…ケース
- 120…プラネタリギヤ
- 121…サンギヤ
- 122…リングギヤ
- 123…プラネタリピニオンギヤ
- 124…プラネタリキャリア
- 125…サンギヤ軸
- 126…リングギヤ軸
- 127…プラネタリキャリア軸
- 129…チェーンベルト
- 130…ダンパ
- 131, 141…三相コイル
- 132, 142…ロータ
- 133, 143…ステータ
- 144…回転数センサ
- 149…バッテリー
- 150…エンジン
- 154…水温センサ
- 156…クランクシャフト
- 165…アクセル開度センサ
- 190…制御ユニット
- 191, 192…駆動回路
- 194…バッテリー
- 202…インナロータ
- 204…アウトロータ
- 206…スリップリング

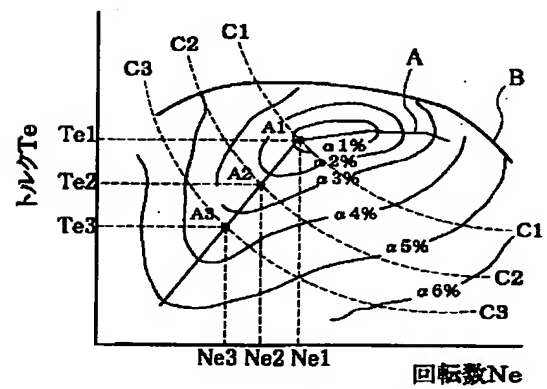
【図7】



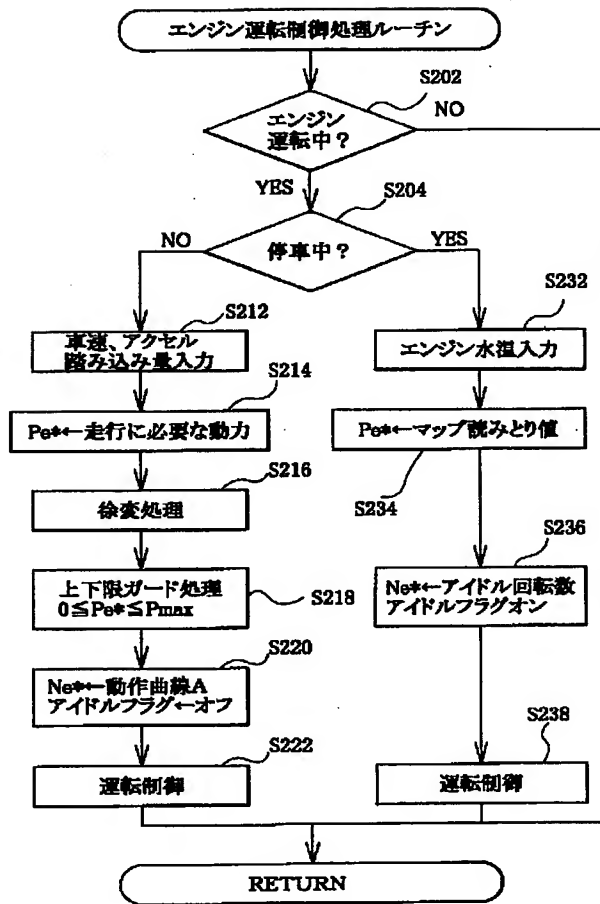
【図 2】



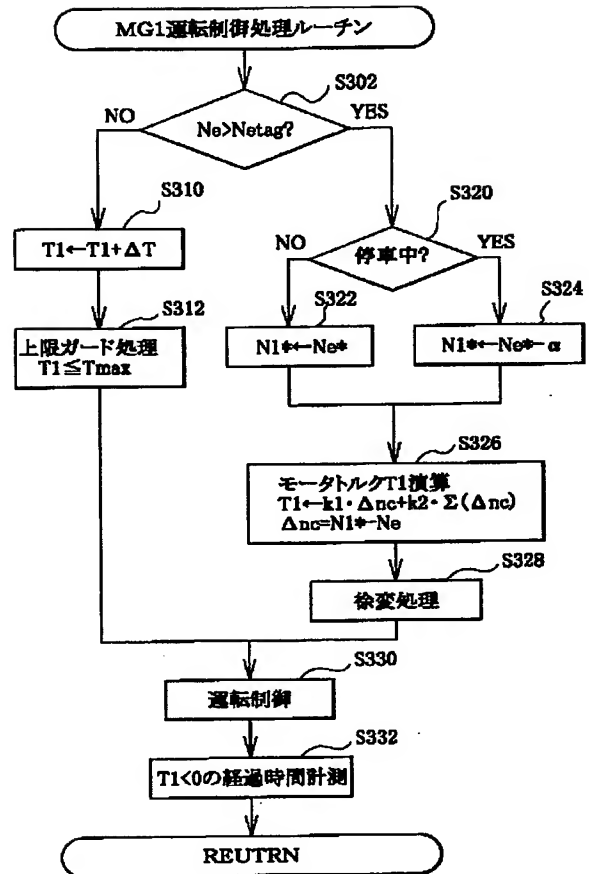
【図 5】



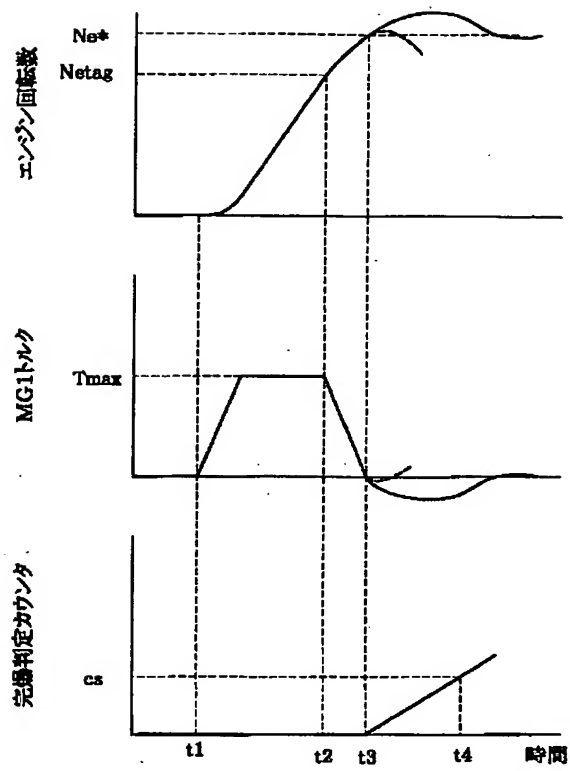
【図4】



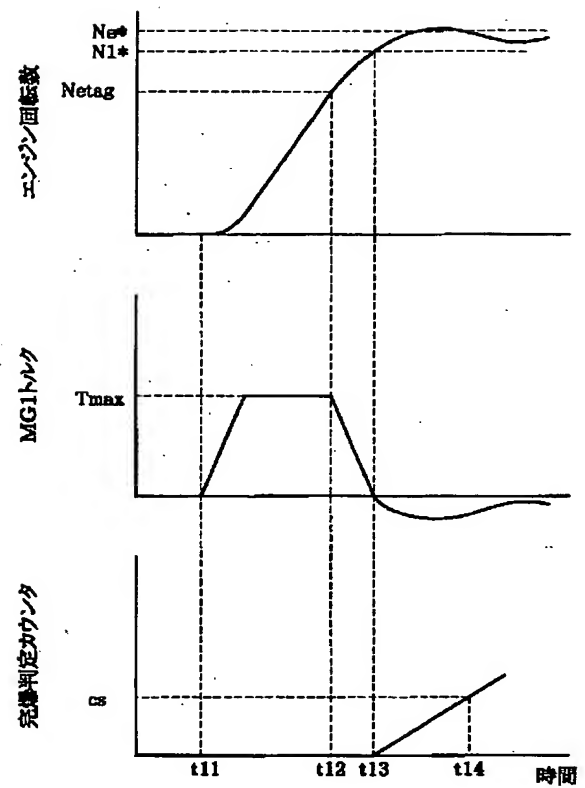
【図8】



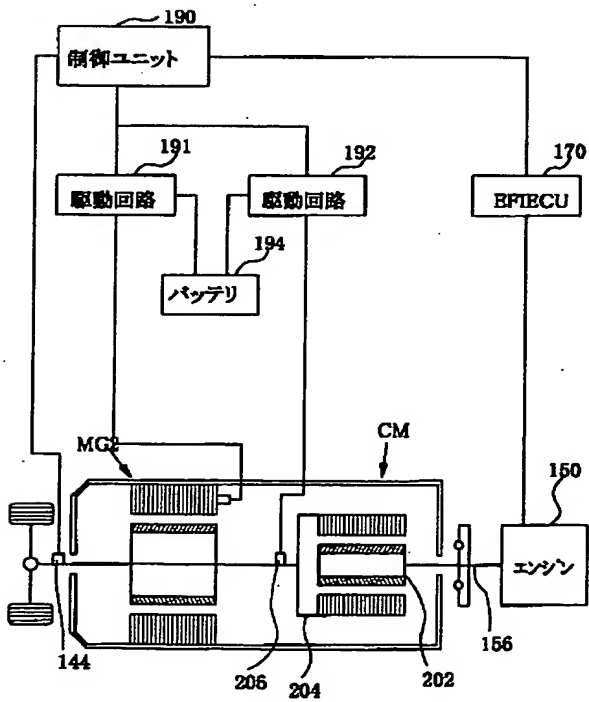
【図9】



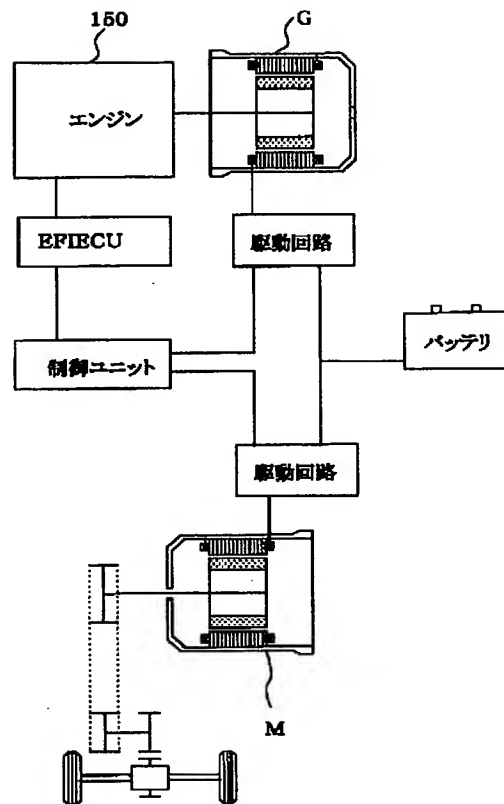
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

F 0 2 N 15/00

// B 6 0 K 6/00

8/00

識別記号

F I

F 0 2 N 15/00

B 6 0 K 9/00

ターマコード (参考)

E

Z

F ターム (参考) 3D041 AA28 AA31 AA36 AB01 AC15  
 AD00 AD01 AD02 AD10 AD14  
 AE02 AE04 AE07 AE09 AF00  
 AF03  
 3G084 BA05 BA13 BA17 BA23 CA01  
 CA09 DA09 EB08 EB25 EC05  
 FA10 FA20 FA32 FA33 FA36  
 3G093 AA07 AA16 BA05 BA21 BA22  
 CA01 CA02 CA04 DA01 DA05  
 DA06 DA12 DA13 DB01 EA01  
 EA05 EA09 EA13 EB00 EB09  
 EC01 EC02 FA00 FA08 FA10  
 FB01